

Het energetisch ontwerp van vrijstaande nieuwbouwwoningen

Een onderzoek naar de invloed van de invoering van de nieuwe regelgeving voor energiezuinigheid en milieu op het energetisch ontwerp van toekomstige te bouwen vrijstaande woningen.



M.J. Weulink
Bouwkunde
HAN University of Applied Sciences

Het energetisch ontwerp van vrijstaande nieuwbouwwoningen

Een onderzoek naar de invloed van de invoering van de nieuwe regelgeving voor energiezuinigheid en milieu op het energetisch ontwerp van toekomstige te bouwen vrijstaande woningen.

Datum:	29 juni 2020
Onderdeel:	Afstudeeronderzoek
Auteur:	M.J. (Meindert) Weulink Student Bouwtechniek HAN University of Applied Sciences Instituut Built Environment
Begeleider:	M. (Michel) de Graaf Hoofdadviseur duurzaamheid SelektHuis
Afstudeerdocent:	L. (Leo) van der Kooij Docent Bouwtechniek & architectuur HAN University of Applied Sciences Institute Built Environment E.L.M. (Ernest) Boel Docent Organisatie en management HAN University of Applied Sciences Instituut Built Environmen



VOORWOORD

Voor u ligt een afstudeeronderzoek naar de invloed van de invoering van de nieuwe regelgeving voor energiezuinigheid en milieu op het energetisch ontwerp van toekomstige te bouwen vrijstaande woningen.

Ik ben tot dit onderzoek gekomen vanwege mijn interesse in duurzaamheid en milieu. Bij het bedrijf SelektHuis had ik al een stage met veel plezier afgerond. Ik heb weer contact gezocht met het bedrijf en na enkele prettige gesprekken zijn we tot een onderwerp gekomen voor mijn afstudeeronderzoek.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van en in samenwerking met het bouwbedrijf SelektHuis.

De uitkomsten van het onderzoek zijn bedoeld om SelektHuis een handreiking te bieden om zich voor te bereiden op de komst van de nieuwe regelgeving voor energiezuinigheid en milieu in 2021.

Dit onderzoek is interessant voor bouwbedrijven, aannemers, architectenbureaus en andere bedrijven die werkzaam zijn in particuliere vrijstaande woningbouwsector.

Ik wil graag mijn dank betuigen aan de begeleiding vanuit de Hogeschool Arnhem en Nijmegen (HAN). Leo van der Kooij en Ernest Boel hebben mij gedurende het hele proces bijgestaan en voorzien van nuttige feedback.

Daarnaast wil ik mijn bedrijfsbegeleider Michel de Graaf, bedanken voor zijn adviezen en kritische vragen gedurende mijn afstudeerperiode. Ook gaan mijn dank betuigingen uit naar het bedrijf SelektHuis waar ik altijd met veel plezier en vrijheid aan mijn onderzoek heb kunnen werken.

Verder uit ik in het bijzonder nog een woord van dank aan mijn ouders, Erik Weulink en Janneke Weulink- Maandag, voor hun luisterend oor en geduld tijdens mijn afstudeerperiode.

Tot slot wil ik de overige interne en externe partijen die betrokken zijn geweest bij dit onderzoek bedanken.

Ik wens u veel leesplezier.

Meindert Weulink

Rijssen, oktober 2020



SAMENVATTING

Op de lange termijn is te concluderen dat de aarde opwarmt en dat er sprake is van klimaatverandering. Door het opstellen van het klimaatakkoord neemt de mens zijn verantwoordelijkheid. De bouwwereld wordt hier ook uitgebreid bij betrokken. De Energie Prestatie Coëfficiënt-eis wordt vervangen door nieuwe eisen, namelijk die van BENG (Bijna Energie Neutraal Gebouw) en TOjuli (temperatuur overschrijding juli). In 2021 zal de nieuwe regelgeving in werking gesteld worden.

Het doel van dit onderzoek is om inzichtelijk te maken wat de invloed van de invoering van de BENG en TOjuli-eisen op het energetisch ontwerp van nieuw te bouwen vrijstaande woningen is. Hiervoor is de volgende onderzoeksvraag opgesteld: Hoe beïnvloedt de invoering van de BENG en TOjuli-eisen het energetisch ontwerp en energiegebruik van nieuw te bouwen vrijstaande woningen binnen SelekHuis?

Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag is een onderzoek uitgevoerd waarbij de nieuwe regelgeving eerst grondig onder de loep is genomen om grip te krijgen op de werking van de bepalingsmethode. De relatie tussen de diverse bouwparameters en verschillende invoervelden in de rekensoftware is bepaald door een gevoeligheidsanalyse. De analyse geeft inzicht in de theoretische invloed van diverse parameters op de verschillende indicatoren. Aan de hand van deze analyse zijn verschillende ontwerppakketten opgesteld die toegepast zijn op de referentiewoningen van SelekHuis. Er zijn verschillende pakketten ontstaan om de woningen te laten voldoen aan de BENG en TOjuli-eisen.

Uit het eerste deel van het onderzoek is gebleken dat de woningen niet voldoen aan

de nieuwe eisen. Met name om te voldoen aan de eis voor oververhitting zijn er forse ingrepen nodig voor alle referentiewoningen. De TOjuli-eis blijkt dan ook de scherprechter van de nieuwe regelgeving.

Als antwoord op de hoofdvraag kan er geconcludeerd worden dat de invoering van de BENG en TOjuli-eisen het energetisch ontwerp en energiegebruik in relatief grote mate beïnvloeden. Alle basiswoningen binnen SelekHuis zullen aangepast moeten worden om te voldoen. Afhankelijk van variabelen als de gebouwworm, oriëntatie en gevelindeling van een woning zijn er verschillende aanpassingen nodig. De invoering van de BENG en TOjuli-eisen zal ervoor zorgen dat iedere woning uniek op de regelgeving afgestemd moet worden om te voldoen. Er is meer aandacht nodig voor het energetische ontwerp tijdens het gehele bouwproces. Dit zal meer tijd innemen en de energiekosten verhogen wat de prijs van de woningen laat stijgen. Daarnaast zullen er aanvullende maatregelen getroffen moeten worden om de woningen te laten voldoen aan de regelgeving.

De belangrijkste aanbeveling op basis van dit onderzoek voor SelekHuis, is om al vanaf de eerste aanpassingen aan een basismodel en gedurende het gehele bouwproces aandacht te besteden aan het energetische ontwerp. Dit moet zorgen voor een integrale samenwerking tussen de verschillende vakdisciplines. Zo kunnen opdrachtgevers vroegtijdig gewezen worden op de gevolgen van aanpassingen op het energetische ontwerp en de kosten die deze aanpassingen met zich meebrengen.

SUMMARY

In the long term, it can be concluded that the earth is warming and that climate change is taking place. By drawing up the climate agreement, people take their responsibility in the Netherlands. The built environment is also extensively involved in this. The Energy Performance Coefficient requirement is being replaced by new requirements, namely those of NZEB (Nearly Zero-Energy Buildings) and TOjuli (temperature exceedance July). The new regulations will come into effect in 2021.

The aim of this research is to provide insight into the influence of the introduction of the NZEB and TOjuli requirements on the energetic design of new detached houses to be built. The following research question has been formulated for this: How does the introduction of the NZEB and TOjuli requirements affect the energetic design and energy consumption of new detached houses to be built within SelekHuis?

In order to be able to answer the research question, a study was carried out in which the new regulations were first thoroughly scrutinized to get a grip on the operation of the determination method. The relationship between the various building parameters and different input fields in the calculation software is determined by a sensitivity analysis. The analysis provides insight into the theoretical influence of various parameters on the various indicators. On the basis of this analysis, various design packages have been drawn up that have been applied to the reference homes of SelekHuis. Various packages have been developed to make the homes meet the NZEB and TOjuli requirements.

The first part of the research showed that the houses do not meet the new requirements. In particular, to meet the requirement for overheating, major interventions are required for all reference houses. The TOjuli

requirement therefore appears to be the normative for the new regulations.

In answer to the main question, it can be concluded that the introduction of the NZEB and TOjuli requirements influence the energetic design and energy use to a relatively large extent. All basic homes within SelekHuis will have to be adapted to comply. Depending on variables such as the building shape, orientation and facade layout of a house, various adjustments are required. The introduction of the NZEB and TOjuli requirements will ensure that every home must be uniquely tailored to the regulations in order to comply. More attention is needed for the energetic design during the entire construction process. This will take more time and increase energy costs, which will increase the price of the houses. In addition, additional measures will have to be taken to ensure that the homes comply with the regulations.

The most important recommendation for SelekHuis, based on this research, is to pay attention to the energetic design from the first modifications to a basic model and throughout the entire process. This should ensure an integral collaboration between the various professional disciplines. In this way, clients can be informed at an early stage of the consequences of modifications to the energetic design and the costs that these modifications entail.

BEGRIPPENLIJST EN AFKORTINGEN

In dit hoofdstuk zijn belangrijke begrippen en afkortingen voor het onderzoek opgesomd.

BENG	Bijna energieneutraal gebouw.
DWWTW	Douche-water-warmte-terug-win systeem.
Energetisch ontwerp	Alles binnen het ontwerp wat met energie te maken heeft.
EPC	Energie Prestatie Coëfficiënt.
Forfaitair	Vereenvoudigde berekening met een veilige hoge waarde.
Hernieuwbare bronnen	Onuitputtelijke energiebronnen.
kWh/m ²	Kilowattuur per vierkante meter.
Primair fossiel energiegebruik	Energie uit fossiele bronnen voor het primaire energiegebruik voor verwarming, koeling, warmtapwater en ventilatoren.
PV-panelen	Fotovoltaïsche panelen.
TOjuli	Temperatuuroverschrijding juli.
WKK	Warmtekrachtkoppeling.
WP	WattPiek, eenheid om het vermogen van PV-panelen weer te geven.
WTW	Warmte-terug-win systeem.
Zomercomfort	Factor in de energieprestatienorm die oververhitting in de zomer nabootst.
ZTA	Zontoetredingsfactor.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord.....	3
Samenvatting	3
Summary	4
Begrippenlijst en afkortingen	5
Inhoudsopgave	6
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Achtergrond.....	8
1.3 Probleemstelling	9
1.4 Doelstelling	9
1.5 Onderzoeksvragen	10
1.5.1 Hoofdvraag.....	10
1.5.2. Deelvragen	10
1.6 Conceptueel model.....	11
1.7 Onderzoeksmethode	11
1.8 Projectgrenzen	11
1.9 Leeswijzer	12
2 Literatuurstudie	13
2.1 Inleiding.....	13
2.2 Gevolgen aardgasvrij	13
2.3 Tegenstanders gaswet	13
2.4 Alternatieve aanpak energietransitie	13
2.5 Persoonlijke conclusie	13
3 Regelgeving voor energiezuinigheid.....	15
3.1 Inleiding.....	15
3.2 Nieuwe regelgeving	15
3.3 Theoretische verschillen	16
4 Gevoeligheidsanalyse.....	17
4.1 Referentiewoningen	17
4.1.1 Specificaties.....	17
4.1.2 Doorrekeningen	18
4.2 Gebouwparameters.....	19

4.2.1	Bouwkundige parameters	19
4.2.2	Installatietechnische parameters.....	20
4.3	Maximale theoretische invloed.....	21
4.3.1	Negatieve invloed	22
4.3.2	Minimale positieve invloed	22
4.3.3	Positieve invloed	23
4.3.4	Maximale positieve invloed	25
4.3.5	Deelconclusie	25
5	Vertaling ontwerp pakketten	26
5.1	Ontwerppakketten.....	26
5.1.1	Interferentie van parameters.....	26
5.1.2	Ontwerppakket 1	26
5.1.3	Ontwerppakket 2	29
5.1.4	Ontwerppakket 3	30
5.1.5	Ontwerppakket 4	31
5.2	Financieel rendement	33
5.3	Deelconclusie	34
6	Conclusie, discussie en aanbevelingen	35
6.1	Conclusie.....	35
6.2	Discussie.....	37
6.3	Aanbevelingen	38
	Referenties.....	40
	Bijlagen	44

1 INLEIDING

In dit hoofdstuk wordt het onderzoeksonderwerp geïntroduceerd. Nadat de probleemstelling aan bod is gekomen kan de onderzoeksvraag gepresenteerd worden met bijbehorende deelvragen. Verder worden in dit hoofdstuk de projectgrenzen en doelstelling van het onderzoek behandeld. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een leeswijzer.

1.1 AANLEIDING

Is het echt waar dat de aarde opwarmt? Ja, en maar liefst 97% van de wetenschappelijke onderzoeken leidt tot de conclusie dat de opwarming veroorzaakt wordt door de mens.

Het extreme weer, stortregens, heftige wind, de zware stormen of de lange droge en warme perioden. Het zijn enkele onweerlegbare direct merkbare gevolgen van de toename van de CO₂ uitstoot.

Op de lange termijn is dan ook te concluderen dat de aarde opwarmt en dat er sprake is van klimaatverandering. De gemiddelde temperatuur op de aarde is in de afgelopen 130 jaar in een recordtempo gestegen met één graad. In drie recent gepubliceerde studies uit het wetenschappelijke tijdschrift Nature wordt de huidige opwarming als ongebruikelijk beschreven. Dit heeft grote gevolgen voor de mens, maar ook de leefgebieden van dieren en planten veranderen. Dit leidt tot steeds meer dieren- en plantensoorten die uitsterven.

Door het opstellen van het klimaatakkoord neemt de mens zijn verantwoordelijkheid. De bouwwereld wordt hier ook uitgebreid bij betrokken. In Nederland wordt de regelgeving voor de bouw drastisch aangepast om de CO₂ uitstoot te reduceren. In 2021 zal de nieuwe regelgeving in werking gesteld worden. Wat houden deze nieuwe regelingen in en wat is de invloed van deze wijzigingen in de regelgeving voor de gebouwde omgeving?

1.2 ACHTERGROND

Zoals aangegeven zal de bouwwereld zich dus moeten aanpassen aan de nieuwe regelgeving van 2021. Eén van de bedrijven die direct actie zal moeten ondernemen is SelektHuis, een bouwbedrijf dat gespecialiseerd is in het realiseren van vrijstaande woningen.

SelektHuis specialiseert zich in de bouw van vrijstaande nieuwbouwwoningen. Het bedrijf blijft altijd werken aan de verbetering van product en proces. Inmiddels is het werkproces binnen SelektHuis tot in de kleinste details geoptimaliseerd. Dit doet het bedrijf om uiteindelijk haar klanten een eerlijke prijs/ kwaliteits-verhouding te kunnen bieden, waarbij korte bouwtijden standaard zijn en het hele traject zonder zorgen uit handen gegeven kan worden door zijn opdrachtgevers. SelektHuis begeleidt zijn opdrachtgevers namelijk bij het papierwerk, van vergunning tot oplevering.

Wanneer er gekeken wordt naar de huidige situatie binnen SelektHuis valt op dat alles logistiek tot in de puntjes is uitgedacht. Het hele proces is geoptimaliseerd, alle woningen zijn vanuit een bepaalde standaard ontworpen. Ieder detail is van belang. Hierbij is de huidige regelgeving één van de voornaamste uitgangspunten waar de woningen optimaal op afgestemd zijn. Dit is momenteel Het Bouwbesluit.

Op het moment dat er dus een nieuwe regelgeving wordt ingevoerd vanuit de overheid is het voor SelektHuis van belang zich hieraan te adapteren.

1.3 PROBLEEMSTELLING

De woningen binnen SelektHuis zijn volledig afgestemd op de eisen van Het Bouwbesluit. Het Bouwbesluit stelt onder andere eisen aan de energiezuinigheid van woningen. De belangrijkste eis daarvoor is de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC). De EPC wordt echter in 2021 vervangen door nieuwe eisen, namelijk die van BENG (Bijna Energie Neutraal Gebouw) en TOjuli (temperatuur overschrijding juli). Uit eerdere berekeningen waarin de woningen van SelektHuis getoetst werden aan de BENG indicatoren bleek dat de woningen hoogstwaarschijnlijk niet voldoen aan de BENG indicatoren.

Men verwacht dat de woningen aangepast moeten worden om te voldoen aan de BENG indicatoren. Er zal gekeken moeten worden naar de invloed van de invoering van de BENG indicatoren op de vrijstaande woningbouw. Naast de BENG indicatoren wordt er ook een eis voor temperatuuroverschrijding, TOjuli, ingevoerd. Deze eis hangt samen met de BENG indicatoren. Er moet naar de samenhang en invloed van deze verschillende eisen gekeken worden.

De probleemstelling kan als volgt geformuleerd worden:

Hoe beïnvloedt de invoering van de BENG en TOjuli-eisen¹ het energetisch ontwerp² en energiegebruik³ van nieuw te bouwen⁴ vrijstaande woningen⁵ binnen SelektHuis⁵?

Enkele begrippen van de probleemstelling verdienen een nadere uitleg.

¹ De invloed van de BENG en TOjuli-eisen: onder de toepassing van deze eisen wordt verstaan de invloed van de toepassing van de nieuwe toekomstig geldende norm NTA 8800 voor vrijstaande woningen ten opzichte van de huidige geldende norm NEN 7120 voor vrijstaande woningen.

² Op het energetisch ontwerp: onder de invloed op het energetisch ontwerp wordt verstaan de factoren van het ontwerp die het

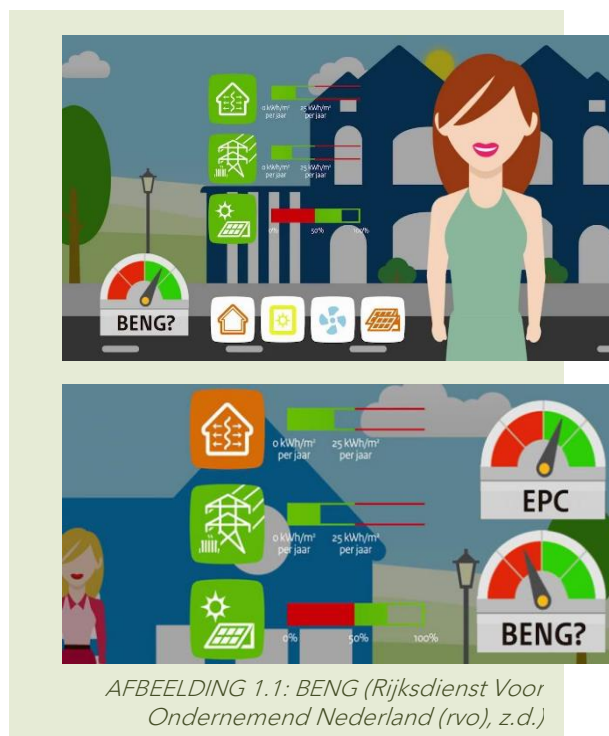
energiegebruik van de woning definiëren volgens de regelgeving voor energiezuinigheid en milieu.

³ Het energiegebruik: bestaande uit het elektriciteitsgebruik van de woningen.

⁴ Nieuw te bouwen woningen: gebaseerd op basisconcepten uit gebouwde woningen door SelektHuis, maar met aanpassingen voor de toekomst.

⁵ Vrijstaande woningen: afbakening van het woningtype.

⁶ Binnen SelektHuis: afgestemd op de aanpak van het bouwproces van SelektHuis.



1.4 DOELSTELLING

Het doel van het onderzoek is om inzichtelijk te maken wat de invloed van de invoering van de BENG en TOjuli-eisen op het energetisch ontwerp van nieuw te bouwen vrijstaande woningen is.

De uitkomsten van het onderzoek zullen een handreiking zijn voor SelektHuis om zich voor

te bereiden op de komst van de nieuwe regelgeving voor energiezuinigheid in 2021. Het onderzoek draagt op die manier bij aan het oplossen van het probleem van het bouwbedrijf, het aanpassen van de vrijstaande woningen aan de nieuwe regelgeving.

1.5 ONDERZOEKSVRAGEN

1.5.1 Hoofdvraag

Om bij te dragen aan de oplossing van het probleem is er de volgende hoofdvraag opgesteld:

Hoe beïnvloedt de invoering van de BENG en TOjuli-eisen het energetisch ontwerp en energiegebruik van nieuw te bouwen vrijstaande woningen binnen SelektHuis?

1.5.2. Deelvragen

Om doeltreffend antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag zijn er de volgende drie deelvragen met subvragen opgesteld:

1. Wat zijn de theoretische verschillen tussen de toekomstige en huidige regelgeving voor energiezuinigheid?

1.1 Hoe ziet de huidige regelgeving eruit?

1.2 Hoe ziet de toekomstige regelgeving eruit?

1.3 Welke gebouwparameters zijn beschikbaar voor de realisatie van vrijstaande woningen en welke hebben theoretische de hoogste invloed op de BENG en TOjuli-eisen?

2. Wat zijn de eigenschappen van de referentiewoningen?

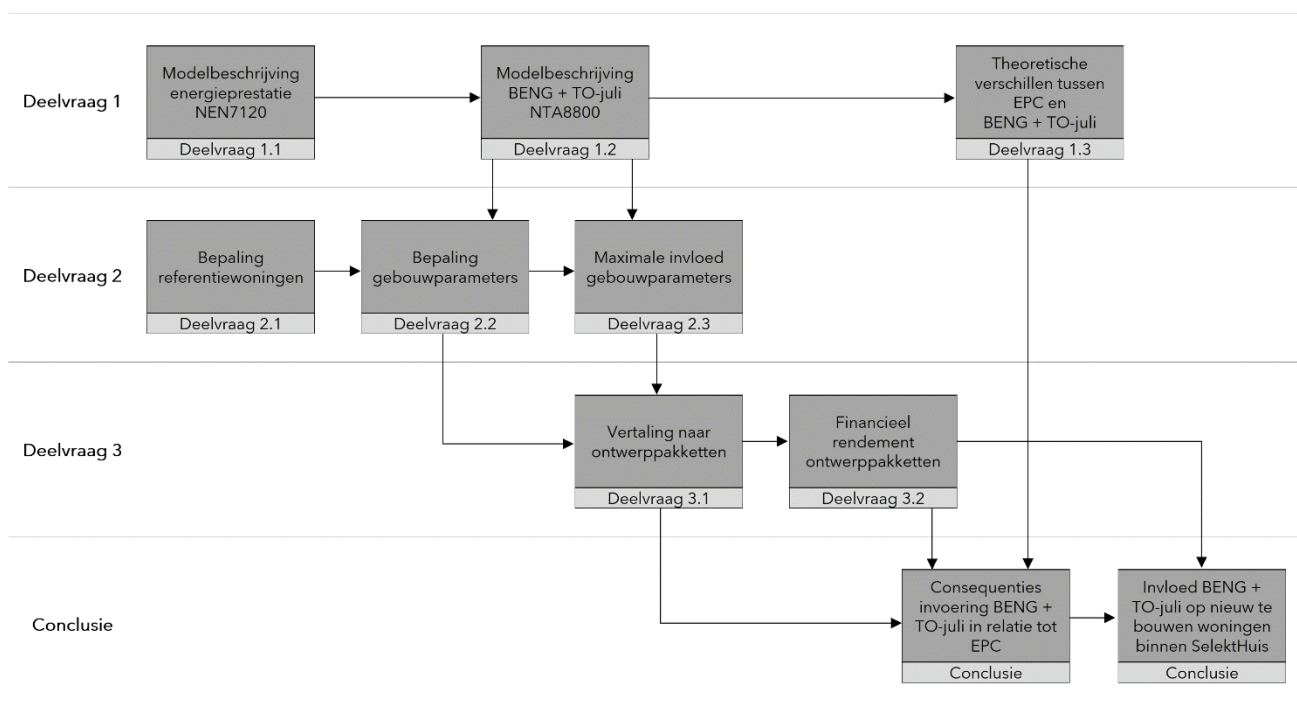
2.1 Welke theoretische gebouwparameters zijn bruikbaar?

2.2 Welke gebouwparameters zorgen voor een maximale theoretische invloed?

3. Welk ontwerppakket is het meest gunstig voor SelektHuis om de nieuw te bouwen vrijstaande woningen aan de toekomstige BENG en TOjuli-eisen te laten voldoen?

3.1 Welke ontwerppakketten zijn toepasbaar?

3.2 Welk ontwerppakket is kostentechnisch het meest aantrekkelijk?



Figuur 1: Schematisch overzicht onderzoeksdeelvragen

1.6 CONCEPTUEEL MODEL

Om de verbanden tussen de verschillende onderzoeksvragen inzichtelijk te maken is er een conceptueel model opgesteld voorafgaande aan het onderzoek. Het conceptuele model is op de vorige pagina te zien in figuur 1.

1.7 ONDERZOEKSMETHODE

Dit onderzoek zal in de vorm van een kwantitatief onderzoek zijn. Er zullen feiten achterhaald moeten worden om tot een conclusie te komen. Dit is mogelijk aan de hand van cijfers die uit de verschillende berekeningen naar voren komen.

De dataverzameling zal aan de hand van deskresearch zijn. Voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag kunnen de benodigde data voor de berekeningen verzameld worden vanaf de tekenkamer in Rijssen. Er hoeft dus geen veldonderzoek gedaan te worden.

In de eerste deelvraag wordt vanuit theoretisch oogpunt gekeken wat de nieuwe regelgeving inhoudt. Dit valt onder een fundamenteel onderzoek. Dit is vooral gericht op het verwerven van kennis.

Na dit fundamentele onderzoek wordt in deelvraag twee een exploratief onderzoek gedaan. Door het doen van een gevoeligheidsanalyse zal er veel berekend moeten worden wat zorgt voor het beter begrijpen van het onderzoekprobleem. Het onderzoeksgebied zal verder worden verkend voor vervolgonderzoek.

Vervolgens wordt in deelvraag drie een toegepast onderzoek gedaan. Het opstellen van de ontwerppakketten in relatie tot het financiële rendement zorgt voor een directe vertaalslag naar de praktijk. De conclusies en aanbevelingen die naar voren komen zullen bruikbaar zijn in de praktijk.

In de literatuurstudie zal de invloed van het gasloos bouwen op de reductie van de CO₂-uitstoot in de bouwsector onder de loep

genomen worden. De literatuurstudie is een kritische beschouwing met een persoonlijke conclusie over het onderwerp. Deze conclusie kan geïntegreerd worden in het onderzoek

1.8 PROJECTGRENZEN

Het afstudeeronderzoek moet voor SelektHuis een handreiking zijn om het probleem op te lossen dat de huidige ontwerpen van SelektHuis niet voldoen aan de regelgeving voor energiezuinigheid van 2021.

Uiteindelijk zal het onderzoek inzicht geven in de invloed van de invoering van de BENG en TOjuli-eisen op het energetisch ontwerp en energiegebruik van nieuw te bouwen vrijstaande woningen binnen SelektHuis.

Er moeten hiervoor verschillende ontwerpen uitgewerkt worden door diverse combinaties van gebouwparameters, oftewel ontwerppakketten, onder de loep te nemen. Uit deze varianten kan een weloverwogen keuze gemaakt worden om vervolgens een conclusie te trekken waarbij de bouwkundige, financiële en logistieke gevolgen inzichtelijk gemaakt zijn, dit zal leiden tot een optimale combinatie van gebouwparameters.

De verschillende opties die SelektHuis biedt zoals een aanbouw, een extra berging, dakkapel et cetera zullen buiten beschouwing gelaten worden tijdens dit onderzoek. Dit vanwege de beschikbaar gestelde tijd.

Het onderzoek wordt uitgevoerd binnen en voor SelektHuis en zal daarom grotendeels aansluiten op de visie van dit bouwbedrijf. Zo wordt er rekening gehouden met wat er mogelijk is binnen SelektHuis. Denk bijvoorbeeld aan de logistieke werking van het bedrijf, het bouwproces en gebruikte bouwmethodes. Keuze voor bepaalde uitgangspunten kunnen ook hieruit voortkomen.

1.9 LEESWIJZER

Het rapport is opgebouwd uit vier delen. In dit eerste hoofdstuk is het onderzoeksonderwerp geïntroduceerd. Nadat de probleemstelling aan bod is gekomen is de onderzoeksvraag gepresenteerd met bijbehorende deelvragen. Verder worden in dit hoofdstuk de projectgrenzen en doelstelling van het onderzoek behandeld.

In hoofdstuk 2 wordt een samenvatting gegeven van de literatuurstudie. In de literatuurstudie is de invloed van het gasloos bouwen op de reductie van de CO₂-uitstoot in de bouwsector onder de loep genomen.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de regelgeving voor energiezuinigheid. Er zal antwoord gegeven worden op de eerste deelvraag, wat zijn de theoretische verschillen tussen de toekomstige en huidige regelgeving voor energiezuinigheid? Eerst wordt er ingegaan op de huidige en toekomstige regelgeving later in het hoofdstuk zal gekeken worden naar de theoretische verschillen.

In hoofdstuk 4 zal gekeken worden naar wat de invloed is van de verschillende bouwparameters. Eerst worden de referentiewoningen bepaald. Vervolgens worden de gekozen bouwparameters omschreven. Met deze bouwparameters en referentiewoningen kan dan een gevoeligheidsanalyse gedaan worden. Vanuit deze analyse wordt uiteindelijk antwoord gegeven op de tweede deelvraag, welke bouwparameters zijn beschikbaar voor de realisatie van vrijstaande woningen en welke hebben theoretisch de hoogste invloed op de BENG en TOjuli-eisen?

Na deze theoretische afbakening in hoofdstuk 4 wordt in hoofdstuk 5 de koppeling naar de praktijk gemaakt door ontwerppakketten op te stellen, hierbij wordt gekeken naar de praktische toepasbaarheid. Vervolgens zal het financiële rendement van deze ontwerppakketten inzichtelijk gemaakt

worden. Dit zal leiden tot een antwoord op de derde en laatste deelvraag: welk ontwerppakket is het meest gunstig voor SelektHuis om de nieuw te bouwen vrijstaande woningen aan de toekomstige BENG en TOjuli-eisen te laten voldoen?

In het hoofdstuk 6 zal het onderzoek afgesloten worden. In de conclusie wordt antwoord gegeven op de hoofdvraag. Vervolgens worden de beperkingen van het onderzoek ter discussie gesteld en uiteindelijk wordt dit hoofdstuk afgesloten met de aanbevelingen voor SelektHuis. Aansluitend op dit hoofdstuk zijn de referenties en een overzicht van de verschillende bijlagen opgenomen.

2 LITERATUURSTUDIE

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van de literatuurstudie. In de literatuurstudie is de invloed van het gasloos bouwen op de reductie van de CO₂-uitstoot in de bouwsector onder de loep genomen. De volledige literatuurstudie is opgenomen in bijlage A.

2.1 INLEIDING

De opwarming van de aarde wordt veroorzaakt door de mens volgens 97% van de wetenschappelijke onderzoeken.

Door het opstellen van het klimaatakkoord neemt de mens zijn verantwoordelijkheid. Het opvolgen van de afspraken uit het klimaatakkoord moet leiden tot het terugbrengen van de CO₂-uitstoot, het stoppen van de aardgaswinning in Groningen, een lagere energierekening en comfortabelere woningen.

In de literatuurstudie is bekeken of deze beweging in de energietransitie wel zo bevorderlijk is voor de totale reductie van de CO₂-uitstoot. Welke alternatieven komen er voor in de plaats, wat leveren deze aan het einde van de streep op en welke financiële consequenties brengt dit met zich mee?

2.2 GEVOLGEN AARDGASVRIJ

Eén van de gevolgen van het afstappen van het gebruik van gas is dat de vraag naar elektriciteit fors zal toenemen. Deze elektriciteit komt vooral uit energiecentrales, die voornamelijk draaien op kolen en gas, oftewel niet duurzame bronnen. Uit jaarcijfers van het CBS blijkt dat momenteel slechts 7,4% van de energie in Nederland duurzaam is opgewekt. 4,5% van de totale energie wordt opgewekt met behulp van biomassa. (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2020). De vraag is hierbij of biomassa in de praktijk wel zo duurzaam is. Hier twijfelen veel wetenschappers aan. Hoogleraar David Smeulders is er zelfs sterk van overtuigd dat biomassa enkel op papier duurzaam is en in de praktijk allesbehalve klimaatwinst oplevert (AD, van Dongen & van Mersbergen, 2020).

2.3 TEGENSTANDERS GASWET

Er zijn verschillende wetenschappers die het niet eens zijn met de beslissing van de overheid om zo radicaal van het gas af te stappen. Hans Slootweg, netbeheerder Enexis, tevens hoogleraar, noemt de beweging ongenueanceerd en geeft tegenover de NOS aan dat vier op de tien woningen in Nederland helemaal niet warm gestookt kunnen worden als ze van het gas afstappen (NOS, 2020).

2.4 ALTERNATIEVE AANPAK ENERGIETRANSITIE

Wetenschapper David Smeulders, heeft een veelzijdig programma opgesteld als alternatief voor de aanpak van de energietransitie. Hij noemt het zelf het zevenpuntenprogramma.

Uit onderzoek van Certificeringsinstituut Kiwa blijkt ook dat waterstof een alternatief voor aardgas kan zijn in wijken waar elektrische warmtepompen of een warmtenet niet toepasbaar zijn (de Woonwijk, 2018; kiwa, z.d.).

2.5 PERSOONLIJKE CONCLUSIE

In de literatuurstudie wordt de volgende conclusie getrokken: men moet van het gas af, omdat het gebruik van fossiele brandstoffen niet bevorderlijk is voor het milieu.

De discussies gaan over vraagstukken als wanneer en hoe de maatschappij van het gas af moet gaan.

Ik vind dat de Nederlandse overheid twee jaar terug te rigoureuus heeft gehandeld door de gaswet te wijzigen. De politiek stond toentertijd erg onder druk vanwege de aardebevingen en verzakkingen in de provincie Groningen die veroorzaakt werden door het oppompen van aardgas. Naar mijn mening werd door van het gas af te gaan sympathie voor Groningen gecreëerd.

Een geleidelijke overgang naar een maatschappij zonder gas over een langere periode was vanzelfsprekender geweest. Voor de komende 30 tot 40 jaar is er nog voldoende aardgas beschikbaar in de Noordzee voor Nederland. In deze 30 jaar kan er veel worden onderzocht. Zo kan bijvoorbeeld het gebruik van groene waterstof worden geoptimaliseerd.

Ik kan mij vinden in de redentie van David Smeulders en zijn zevenpuntenprogramma (Kelder, 2020, 07:50-10:30). Het is denk ik goed om bij de basis te blijven, oftewel de trias energetica. Allereerst is het belangrijk om goed en veel te isoleren zoals Smeulders ook aangeeft. Het kijken naar het totale plaatje is iets wat meer gedaan moet worden. Er kan veel meer samengewerkt worden tussen verschillende landen vind ik. Op die manier wordt de totale CO₂-uitstoot efficiënter teruggedrongen op wereldwijde schaal.

3 REGELGEVING VOOR ENERGIEZUINIGHEID

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de regelgeving voor energiezuinigheid. Er zal antwoord gegeven worden op de eerste deelvraag, wat zijn de theoretische verschillen tussen de toekomstige en huidige regelgeving voor energiezuinigheid?

3.1 INLEIDING

Wanneer men een woning wil bouwen is hier een vergunning voor nodig. Het plan wordt ingediend bij de gemeente en moet voorzien zijn van diverse stukken waaruit blijkt dat het plan voldoet aan gestelde eisen om een vergunning te verkrijgen. Deze eisen hebben onder andere betrekking op veiligheid, gezondheid en bruikbaarheid. Eén van de onderdelen gaat over energiezuinigheid en milieu. Al deze voorschriften zijn opgenomen in één document, genaamd het Bouwbesluit. Het bouwbesluit is opgedeeld in verschillende hoofdstukken. Hoofdstuk vijf richt zich op energiezuinigheid en milieu.

In artikel 5.2 van het bouwbesluit komt de energieprestatiecoëfficiënt aan bod. Dit is de huidige eis die de energieprestatie van een gebouw uitdrukt. Bij de energieprestatiecoëfficiënt wordt er bepaald of het energieverbruik in verhouding staat met het toelaatbare energiegebruik. Deze eis geldt sinds 1995 en is in de afgelopen jaren aangescherpt, maar de berekeningsmethode is in al die jaren hetzelfde gebleven. Vanaf 1 januari 2021 zal deze berekeningsmethode echter wel veranderen. De energieprestatiecoëfficiënt wordt namelijk vervangen door een Europese richtlijn. De zogeheten nearly-zero energy buildings (NZEB) eis, oftewel bijna-energie neutrale gebouwen (BENG).

3.2 NIEUWE REGELGEVING

De BENG eis bestaat uit drie indicatoren waaraan voldaan moet worden. Dit zijn de volgende drie eisen:

BENG 1: maximale energiebehoefte (in kWh/m².jr). Afhankelijk van de geometrie van

een woning ligt de grenswaarde voor deze eis tussen de 60 en 100 kWh/m².jr voor vrijstaande woningen. Een woning moet uitkomen op een waarde minder dan of gelijk aan de gestelde grenswaarde om te voldoen.

BENG 2: maximale hoeveelheid primair energiegebruik (in kWh/m².jr). Om te voldoen moet de hoeveelheid primair opgewekte energie minder dan of gelijk zijn aan 30 kWh/m².jr.

BENG 3: minimale aandeel hernieuwbare energie van het totale energieverbruik (in procenten). Een grondgebonden woning moet minimaal de helft van de totale primaire energievraag voor gebouwgebonden functies hernieuwbaar opwekken.

Naast deze drie BENG eisen wordt er binnen Nederland ook een eis ingevoerd om oververhitting in woningen tegen te gaan, Genaamd de temperatuuroverschrijding-eis, TOjuli. Deze wordt opgenomen in het bouwbesluit en moet zorgen voor een comfortabeler binnenklimaat. Het TOjuli getal is een indicatiegetal zonder eenheid. Uit een TOjuli-berekening van een woning moet een waarde van onder 1,2 uitkomen om te voldoen aan de temperatuuroverschrijding-eis.

Voor iedere indicator geldt dat er verschillende parameters zijn die invloed hebben op de uitkomst van de indicator. In bijlage K zijn de huidige en toekomstige eisen voor energiezuinigheid en milieu uitgebreid onder de loep genomen. Hierin zijn de rekenregels per indicatoren bekeken. Uit deze rekenregels kunnen vervolgens de verschillende parameters worden herleid. Dit treedt te veel in detail om in dit hoofdverslag te behandelen.

3.3 THEORETISCHE VERSCHILLEN

Waar bij de oude regelgeving, energieprestatiecoëfficiënt, de score voor energiezuinigheid en milieu van een gebouw nog werd uitgedrukt in één indicator zal het vanaf 2021 worden uitgedrukt in vier verschillende indicatoren.

Deze vier indicatoren hangen nauw met elkaar samen en één bouwparameter kan invloed hebben op één of meerdere indicatoren. Het is daarom van belang om te begrijpen wat de invloed is van bepaalde parameters op de uitkomsten van de indicatoren. Ook is het van belang om inzichtelijk te hebben hoe de uitkomsten van de verschillende indicatoren samenhangen. Men moet in de vingers krijgen hoe bepaalde aanpassingen aan het (energetisch) ontwerp de uitkomsten van de indicatoren beïnvloedt.

Aan deze vier indicatoren moet gelijktijdig voldaan worden. Een onvoldoende op de ene indicator compenseren met een ruime voldoende op een andere indicator is daarmee niet meer mogelijk. Dit zal ervoor zorgen dat de nieuwe wet- en regelgeving gevolgen zal hebben voor het complete proces van ontwikkelen, ontwerpen, bouwen tot opleveren. De nieuwe bepalingsmethode voor energiezuinigheid en milieu zal in de toekomst integraal meegenomen moeten worden in alle fasen van het proces.

4 GEVOELIGHEIDSANALYSE

In dit hoofdstuk zal gekeken worden naar wat de invloed is van de verschillende bouwparameters. In de eerste paragraaf worden de referentiewoningen bepaald. Vervolgens worden de gekozen bouwparameters omschreven. Met deze bouwparameters en referentiewoningen kan dan een gevoeligheidsanalyse gedaan worden. Vanuit deze analyse wordt uiteindelijk antwoord gegeven op de tweede deelvraag, welke bouwparameters zijn beschikbaar voor de realisatie van vrijstaande woningen en welke hebben theoretisch de hoogste invloed op de BENG en TOJuli-eisen?

4.1 REFERENTIEWONINGEN

Om de invloed van verschillende bouwparameters te bepalen moet er gerekend worden met een referentiewoning. Deze referentiewoning dient als uitgangspunt om de maximale theoretische invloed te bepalen. Op die manier wordt ervoor gezorgd dat de enige variabele in de berekening de bouwparameter is.

Om de resultaten van het onderzoek betrouwbaarder te maken is ervoor gekozen om met verschillende referentiewoningen te rekenen. Dit zijn vier basismodellen van SelektHuis. Vanuit deze basismodellen komt circa 80% van de woningen binnen SelektHuis tot stand. Dit zijn circa 200 woningen per jaar.

4.1.1 Specificaties

De woningen zijn allemaal voorzien van hetzelfde installatiepakket, wandopbouw, kozijntypes, soort glas, enzovoort. De verschillen tussen de woningen zijn de grootte, vorm en gevelindeling. De woningen voldoen op dit moment allemaal aan een EPC van 0.4.

SelektHuis geeft al zijn basiswoningen een eigen benaming. De eerste referentiewoning voor het onderzoek is het meest verkochte model binnen SelektHuis, de Matterhorn, een vrijstaande gezinswoning met drie slaapkamers en een gebruiksoppervlakte van 154 m². Andere referentiewoningen die zijn geanalyseerd zijn de Jungfrau, een T-model woning, de Granada, een eenlaagse woning, en de Mont Blanc, een ruime woning met een inhoud van ruim 900 kubieke meter. De verschillende referentiewoningen zijn in afbeelding 4.1 te zien. Door deze modellen te kiezen wordt er een ruime bandbreedte gecreëerd voor het onderzoek.

Het volledige overzicht met specificaties van de vier referentiewoningen is te vinden in bijlage B. Ook de overzichtstekeningen van de vier geanalyseerde woningen zijn bijgevoegd, deze zijn te vinden in bijlage C.

REFERENTIEWONINGEN



MATTERHORN
154 m²
604 m³
8.35 x 11.95 m
€ 261.900



JUNGFRAU
184 m²
820 m³
13.35 x 11.95 m
€ 324.700



GRANADA
97 m²
400 m³
8.35 x 13.75 m
€ 219.400



MONT BLANC
250 m²
945 m³
8.95 x 13.15 m
€ 399.500

AFBEELDING 4.1: BASISMODELLEN SELEKTHUIS
(SelektHuis, z.d.)

4.1.2 Doorrekeningen

Allereerst zijn de vier referentiewoningen doorgerekend in de rekensoftware om de uitkomsten van de BENG 1, 2 en 3 indicatoren en de TOjuli-eis te bepalen. De rekensoftware die gebruikt wordt voor deze berekeningen is een bèta-versie van Uniec3.0.

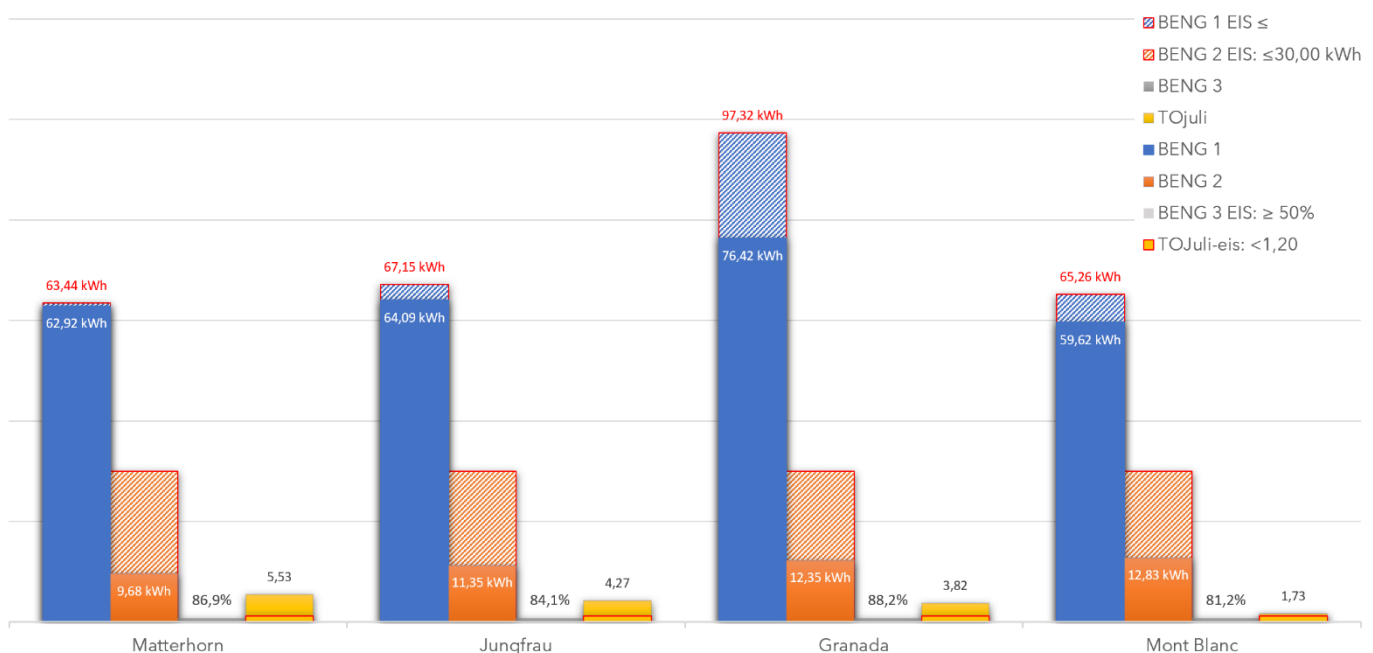
Uit de berekeningen blijken alle woningen te voldoen aan de BENG eisen. Wel moet benoemd worden dat de BENG 1 grenswaarde voor de Matterhorn nog maar net behaald wordt.

Aan de eis voor oververhitting wordt niet voldaan. De oriëntatie speelt een grote rol voor de uitkomsten van de BENG en TOjuli-eisen, de verklaring hiervoor is te lezen in bijlage K. Voor de gevoeligheidsanalyse wordt er gerekend vanuit één oriëntatie. Deze oriëntatie is altijd de minst gunstige oriëntatie

in relatie tot de uitkomst van de TOjuli-eisen. Dit is gedaan, omdat de uitkomst van de berekening voor temperatuuroverschrijding altijd relatief het hoogst uitvallen ten opzichte van de andere gestelde grenswaarden, de BENG indicatoren. In tabel 2 is te zien hoe de oriëntatie invloed heeft op de uitkomsten van de berekening van de Matterhorn. In dit geval is de minst gunstige oriëntatie wanneer de voorgevel op het westen gesitueerd is. Hiermee is dus ook verder gerekend.

	Noord	Oost	Zuid	West
BENG 1 [kWh]	62,20	63,00	61,41	62,92
BENG 2 [kWh]	13,68	10,11	13,19	9,68
BENG 3	81,8%	86,6%	82,0%	86,9%
TOjuli	3,96	4,85	5,27	5,53

Tabel 2: Effect van oriëntatie op BENG indicatoren en TOjuli-eis voor Matterhorn referentiewoning.



Figuur 4: Uitkomsten BENG-indicatoren en TOjuli-eis van de vier referentiewoningen.

	Matterhorn	Jungfrau	Granada	Mont Blanc
BENG 1	62,92 kWh	64,09 kWh	76,42 kWh	59,62 kWh
BENG 1 eis: ≤	63,44 kWh	67,15 kWh	97,32 kWh	65,26 kWh
BENG 2: ≤30 kWh	9,68 kWh	11,35 kWh	12,35 kWh	12,83 kWh
BENG 3: ≥50%	86,9%	84,1%	88,2%	81,2%
TOjuli: <1,20	5,53	4,27	3,82	1,73

Tabel 3: Uitkomsten BENG-indicatoren en TOjuli-eis van de vier referentiewoningen.

Wat verder opvalt is dat alle referentiewoningen tussen de 80 en 90 procent scoren op BENG 3, aandeel hernieuwbare energie. De BENG 3 grenswaarde ligt op 50% of hoger. Het aandeel van hernieuwbare energie is dus hoog te noemen in de referentiewoningen. Dit is te verklaren door de verschillende hernieuwbare bronnen die standaard zijn opgenomen in de woningen. Hieronder vallen de zes zonnepanelen, de luchtwarmtepomp en de WTW unit met een hoog rendement.

Een ander opmerkelijk gegeven wat naar voren komt uit deze doorrekeningen is de lage score van het TOjuli getal op de Mont Blanc. De reden hiervoor is dat de Mont Blanc een woning is met veel inhoud en een hoge massa. De zware bouwmethode op zowel de begane grond als de eerste verdieping zorgen voor een lagere uitval van het TOjuli getal tegenover de andere referentiewoningen.

De uitkomsten van de berekeningen per referentiewoning zijn op de vorige pagina in figuur 4 en tabel 3 te zien. De uitkomsten van deze berekeningen dienen als uitgangspunt voor de gevoeligheidsanalyse. In de figuur zijn ook de eisen weergegeven.

4.2 GEBOUWPARAMETERS

Voor het bepalen van de theoretische gebouwparameters die kunnen worden toegepast in toekomstige woningen van SelektHuis zijn gebouwparameters bepaald die een maximale invloed hebben op de BENG indicatoren en TOjuli-eisen. Deze parameters zijn bepaald door te kijken naar mogelijkheden binnen de norm, (zie hiervoor ook bijlage K), en zijn vaak sterk overdreven om inzicht te krijgen in de maximale invloed van de parameters. De verschillende parameters zijn opgedeeld in bouwkundige en installatietechnische parameters.

4.2.1 Bouwkundige parameters

De volgende parameters vallen onder bouwkundige parameters:

- Het verhogen van de warmtegeleidingscoëfficiënt (RC) van de gevels, daken en vloeren naar 100 m²K/W;
- De luchtdichtheid ($q_{v,10;lea;ref}$) verlagen naar 0,01 dm³/s per m²;
- Het verminderen van koudebruggen (Ψ) in gevels en in de vloer naar 0,0 W/mK;
- Het verlagen van de U-waarde van ramen en deuren naar 0,01 W/m²K;
- Het verlagen van de ggl waarde van het glas naar 0,0;
- De verdieping niet in HSB uitvoeren, maar vervangen voor een zwaardere bouwmethode, geldt enkel voor Matterhorn en Jungfrau;
- Het creëren van een constant overstek boven de gevelopeningen op de zuid-, oost- en westgevel;
- Het toepassen van zwarte screens (buiten) voor de gevelopeningen op de zuid-, oost- en westgevel;
- Het toepassen van uitvalschermen voor de gevelopeningen op de zuid-, oost- en westgevel;
- Het toepassen van uitvalschermen voor de gevelopeningen op de zuid-, oost- en westgevel;
- Het toepassen van zwarte jaloezieën (buiten) voor de gevelopeningen op de zuid-, oost- en westgevel, afbeelding 4.2;
- Het realiseren van 20 m² (10 m² beneden, 10 m² boven) zomernachtventilatie in de gevel, afbeelding 4.3.

4.2.2 Installatietechnische parameters

De volgende parameters vallen onder installatietechnische parameters:

- Het toepassen van een warmtepomp met een COP van 10 voor verwarming;
- Het toepassen van een warmtepomp met een COP van 10 voor warm tapwater;
- Het toepassen van een zonneboiler met een COP van 10 voor warm tapwater;
- De hoeveelheid PV-panelen verdubbelen, 200%;
- De hoeveelheid PV-panelen twee maal verdubbelen, 400%;
- Geen PV-panelen toepassen;
- De PV-panelen vervangen voor PVT-panelen met een wattpiekvermogen van 175 Wp/m²;
- Het ventilatiesysteem Dc.2 vervangen door het ventilatiesysteem Dc.5a (centrale WTW, sturing op toe- of afvoer door CO₂-metingen in de wk en hslpk, zonder zonering);
- Het ventilatiesysteem Dc.2 vervangen door het ventilatiesysteem C.4a (ZR-roosters $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op afvoer door CO₂-meting in wk, zonder zonering);
- Het toepassen van een WTW met een rendement van 100%;
- Het toepassen van een douche WTW met een rendement van 100%;
- Radiatoren vervangen door vloerverwarming;
- Het toepassen van externe warmte levering i.p.v. een warmtepomp;
- Actieve koeling toepassen in de vorm van externe koudelevering;
- Actieve koeling toepassen in de vorm van koudeopslag;
- Actieve koeling toepassen in de vorm van compressiekoeling;
- Actieve koeling toepassen in de vorm van dauwpuntkoeling.

Voor iedere parameter is de meest extreme oplossing gekozen. Dit is gedaan zodat de maximale invloed wordt bepaald. Voorbeelden hiervan zijn een 100 m²K/W voor de gevels, daken en vloeren. Een u-waarde van 0.01 W/mK voor ramen en een COP van 10 voor warmtepompen. Door deze extremen zijn de ineffectieve maatregelen ook daadwerkelijk af te strepen.



AFBEELDING 4.2: JALOEZIEËN BUITEN
(Ambiance, z.d.)



AFB. 4.3: ZOMERNACHTVENTILAITELUIKEN
(Aannemervak, z.d.)

4.3 MAXIMALE THEORETISCHE INVLOED

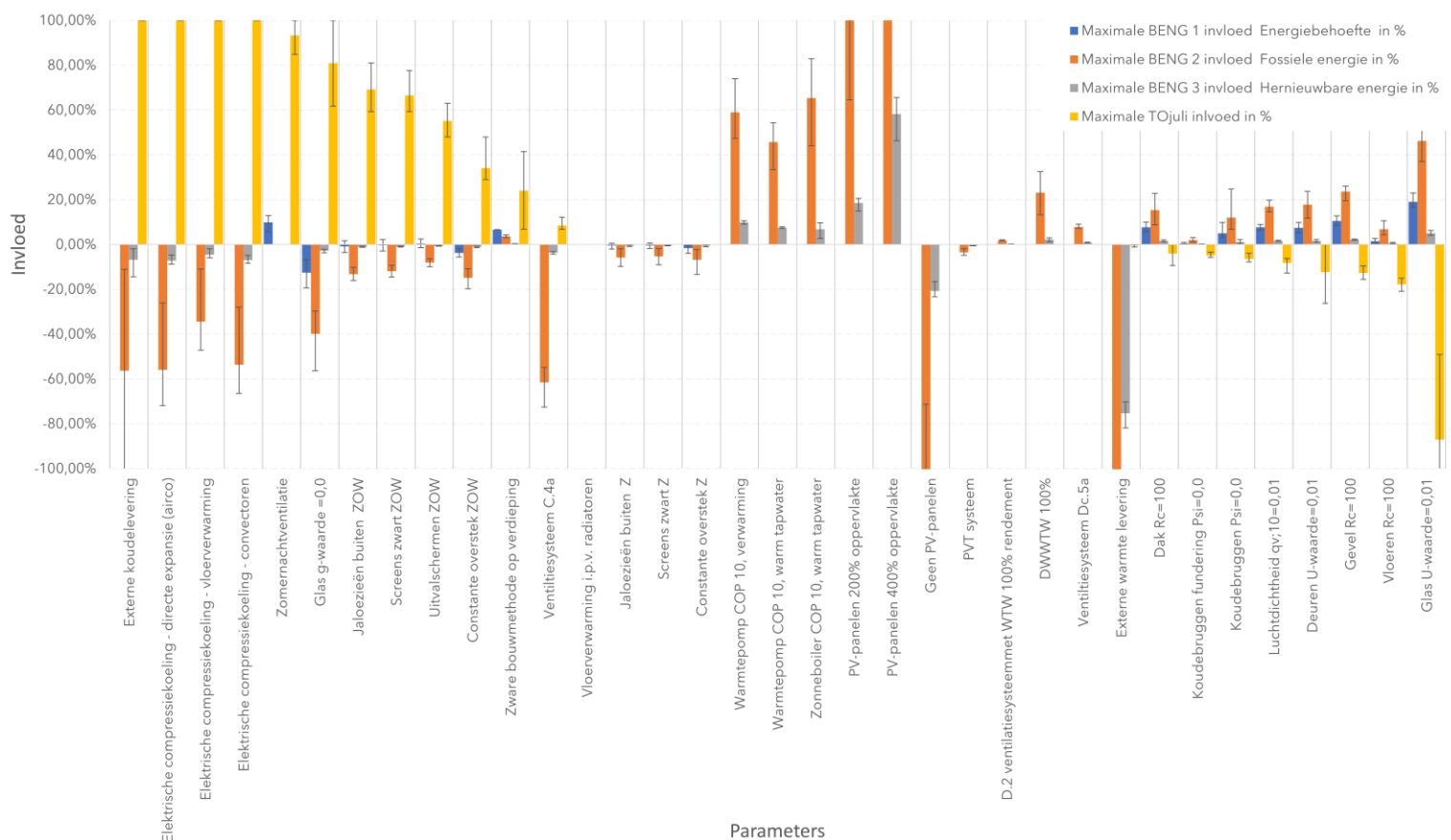
De resultaten van de analyse naar de maximale theoretische invloed van de gebouwparameters zijn weergegeven in figuur 5. De grafiek laat de gemiddelde maximale theoretische invloed van de parameters voor de vier referentiewoning van SelektHuis op de BENG-indicatoren en TOjuli-eis zien. De foutbalken in de grafiek laten de maximaal en minimaal berekende waarde zien over de vier verschillende referentiewoningen. Zie ook bijlage D voor de uitgebreide uitkomsten van de gevoeligheidsanalyse met de diverse invoer tabellen.

De invloed is uitgedrukt in percentages per indicator, BENG 1, 2,3 en TOjuli. Er is gekeken naar de stijging of daling van de indicator wanneer een parameter is toegepast. Deze nieuwe waarde is vervolgens vergeleken met de oude waarde, uitkomsten van de standaard

referentiewoning. Het verschil tussen deze twee waarden is uit te drukken in een percentage. Een positieve invloed op de indicator is uitgedrukt in een positief percentage. Een negatieve invloed op de indicator is uitgedrukt in een negatief percentage. Hoe groter het percentage, hoe groter de invloed.

In figuur 5 is goed af te lezen welke paramaters een grote maximale invloed hebben op de referentiewoningen. In de staafdiagram zijn de verschillende parameters op de x-as te vinden.

De parameters hebben invloed op meerdere eisen. Om dit inzichtelijk te maken is in de staafdiagram met verschillende kleuren gewerkt. Zoals de legenda ook aangeeft staat blauw voor BENG-1, rood voor BENG-2 en grijs voor BENG-3 en geel voor TOjuli.



Figuur 5: Maximale theoretische invloed van gebouwparameters op BENG-indicatoren en TOjuli-eis.

De staafdiagram is gesorteerd op de maximale invloed van het TOjuli indicatiegetal. Het TOjuli getal wijkt namelijk het meest af van de gestelde grenswaarde ten opzichte van de andere indicatoren. De invloed op het TOjuli getal is daarom dus cruciaal. Deze sortering houdt in dat het toepassen van de parameters aan de linkerkant van de grafiek een woning een significant beter TOjuli getal zal geven dan het toepassen van de parameters rechts van de grafiek. De parameters aan de rechterkant hebben juist een kleine of zelfs negatieve invloed op het TOjuli indicatiegetal. Een negatieve invloed betekent dus een stijging van het TOjuli getal.

Wat hierbij opvalt is dat een stijging van het TOjuli getal vaak samengaat met een daling van de BENG 1 indicator. Dit is ook te verklaren, een betere thermische schil, door bijvoorbeeld een betere luchtdichtheid, zal de energiebehoefte afnemen. Echter komt hierbij dat de warmte in een woning minder makkelijk de woning kan verlaten. Dit maakt de kans op oververhitting groter en zal dus voor een stijging van het TOjuli indicatiegetal zorgen.

4.3.1 Negatieve invloed

De gebouwparameters met een theoretische invloed van 0% en minder, en dus een negatief percentage, op het TOjuli indicatiegetal worden in de categorie parameters ingedeeld met een negatieve invloed. Dit zijn onder andere: het verlagen van de U-waarde van ramen en deuren naar 0,01 W/m²K, het verhogen van de warmtegeleidingscoëfficiënt (RC) van de gevels en vloeren naar 100 m²K/W, het verminderen van koudebruggen (Ψ) in gevels en in de vloer naar 0,0 W/mK, het toepassen van een douche WTW met een rendement van 100%, et cetera. Dit wil niet zeggen dat deze parameters per definitie niet toegepast moeten worden, het kan bijvoorbeeld zo zijn dat één van deze parameters wel een positief effect heeft op de andere indicatoren. Wanneer hier vraag naar is en het kostentechnisch een aantrekkelijke optie is kan er voor gekozen worden, maar het

zal nooit het TOjuli getal positief beïnvloeden. Zo kan het toepassen van een zonneboiler bijvoorbeeld meegenomen worden in een ontwerp pakket, omdat het een positieve invloed heeft op het primaire fossiele energiegebruik, BENG-2.

4.3.2 Minimale positieve invloed

Parameters die theoretisch een positief effect hebben op het TOjuli indicatiegetal vallen in de midden-range categorie. Onder deze categorie vallen alle parameters met een invloed tussen 0 en 50%. Dit zijn de volgende drie parameters:

- Het ventilatiesysteem Dc.2 vervangen door het ventilatiesysteem C.4a (ZR-roosters $\Delta p \leq 1$ Pa, sturing op afvoer door CO₂-meting in wk, zonder zonering). Geeft een maximale invloed van 8% op het TOjuli getal;
- De verdieping niet in HSB uitvoeren, maar vervangen door een zwaardere bouwmethode, geldt enkel voor Matterhorn en Jungfrau. Geeft een maximale invloed van 24%;
- Het creëren van een constant overstek boven de gevelopeningen op de zuid-, oost- en westgevel. Geeft een maximale invloed van 34%.

Deze ingrepen beïnvloeden het TOjuli getal dus positief, echter is de invloed van deze parameters nog minimaal te noemen. Toch kunnen ze interessant zijn, met name het toepassen van een andere bouwmethode valt op. Deze ingreep heeft namelijk ook een positief effect op de andere drie indicatoren.

4.3.3 Positieve invloed

Na de midden-range categorie komen de parameters aan bod die een significante verlaging van het TOjuli getal mogelijk maken. Dit zijn alle parameters tot een invloed van 100%. Dit zijn allemaal vormen van passieve koeling. Hieronder valt onder andere het toepassen van jaloezieën voor de gevelopeningen op de zuid-, oost- en westgevel. Zoals te zien is in figuur 5 heeft de toepassing van zonwering een positief effect op het TOjuli indicatiegetal. Tussen de verschillende typen zonwering is een verschil op te merken wat betreft de invloed op het TOjuli indicatiegetal. In tabel 4 is die invloed van de drie verschillende type zonweringen met de meeste invloed weergegeven. De zonwering is op de oost-, west- en zuidgevel toegepast.

Type zonwering	Invloed TOjuli
Jaloezieën buiten	69%
Zwarte screens	66%
Uitvalschermen	55%

Tabel 4: Invloed TOjuli indicatiegetal

Uit deze tabel is te concluderen dat de toepassing van jaloezieën de grootste daling van het TOjuli indicatiegetal zal opleveren.

De invloed van jaloezieën is het grootst, echter houdt dit niet in dat alle andere vormen van zonwering afgeschreven moeten worden. Het toepassen van screens heeft namelijk ook voordelen t.o.v. jaloezieën die het benoemen waard zijn. Zo zijn screens kleiner, waardoor ze eenvoudig en dus goedkoper zijn weg te



AFBEELDING 4.4: DETAILLERING SCREENS
(Renson, 2012)

detailleren in de spouw, zie afbeelding 4.4. Op die manier zijn screens dus niet beeldbepalend. Screens zijn vanaf buiten niet doorzichtig, er kan niet doorheen gekeken worden. Van binnenuit kan er echter wel doorheen gekeken worden. Deze eigenschappen maken screens naast jaloezieën een aantrekkelijke optie als zonwering.

In de gevoeligheidsanalyse is ook gekeken naar de invloed van zonwering enkel op de zuidgevel. Uit de diagram zou de conclusie getrokken kunnen worden dat de invloed van zonwering op het zuiden nul procent is. Echter is dit niet zo. Zonwering heeft wel degelijk invloed blijkt uit de volgende studie. In deze studie is er gekeken naar de invloed van jaloezieën op verschillende oriëntaties van gevels. Dit is onderzocht door een modelwoning op te stellen waarbij alle vier de

Jaloezieën op:	Geen	Noord	Oost	Zuid	West	ZOW	NZOW	OW	ZW	ZO
BENG 1 [kWh]	86,20	86,20	84,35	85,35	83,01	84,29	84,29	82,58	84,09	85,36
BENG 2 [kWh]	13,74	13,74	14,31	15,11	14,08	16,11	16,11	14,68	15,56	15,8
BENG 3	87,4	87,4%	87,1%	86,7%	87,2%	86,2%	86,2%	86,9%	86,5%	86,4%
TOjuli	2,63	2,63	2,63	2,63	2,49	0,85	0,85	2,49	2,28	2,63

Tabel 5: Invloed jaloezieën per gevel

gevels identiek zijn, identieke gevelopbouw, hoeveelheid glas, hoeveelheid metselwerk etc. Vervolgens is er per gevel uitgerekend wat de invloed van jaloezieën is. Ook is er gekeken naar de invloed van de jaloezieën wanneer deze wordt toegepast op meerdere gevels. De uitkomsten van de berekeningen zijn in tabel 5 te zien. De uitgebreide specificaties waarmee gerekend is zijn te vinden in bijlage E.

Wat opvalt is dat de toepassing van zonwering op één gevel niet veel invloed heeft. Enkel op het westen heeft de zonwering invloed, maar de invloed is minimaal. Wanneer echter jaloezieën worden toegepast op zowel de zuid-, oost- als westgevel neemt de kans op oververhitting significant af. Het TOjuli getal springt dan van 2,63 naar 0,86. Dit is te verklaren, de rekensoftware toont namelijk alleen de hoogste TOjuli van de verschillende gevels. In dit geval is dat de westgevel. Dit is de maatgevende gevel. Wanneer er zonwering wordt toegepast op andere gevels heeft dit geen effect aangezien er niets aan de westgevel gedaan wordt. Uit de tabel blijkt vervolgens dat als er iets aan de westgevel gedaan wordt de zuidgevel maatgevend wordt. Immers als er nadat er iets aan de westgevel gedaan wordt ook iets aan de zuidgevel gedaan wordt de TOjuli weer lager wordt. De oostgevel is daaropvolgend maatgevend, door de oostgevel vervolgens ook te voorzien van zonwering daalt het TOjuli getal pas significant.

Een andere ingreep die een positieve invloed heeft op het TOjuli indicatiegetal is het verlagen van de ggl waarde van het glas, dit geeft een maximale invloed van 81%. De ggl waarde van glas kan verlaagd worden door het dubbele glas te vervangen door zonwerend

glas of driedubbelglas. Zonwerende beglazing zal zorgen voor een verbetering van de ggl waarde van 0,59 naar om en nabij de 0,40. Driedubbelglas geeft niet zo een lage waarde, daarom is er voor de verlaging van de ggl waarde verder gerekend met de toepassing van zonwerend glas.

De invloed van zonwerend glas verschilt, net zoals zonwering, per geveloriëntatie. Om dit inzichtelijk te maken is dit onderzocht in de rekensoftware. Er is weer een modelwoning opgesteld waarbij alle vier de gevels identiek zijn, identieke gevelopbouw, hoeveelheid glas, hoeveelheid metselwerk etc. Vervolgens is er per gevel uitgerekend wat de invloed van zonwerend glas is. De modelwoning is identiek als gebruikt in de studie naar de invloed van jaloezieën op verschillende oriëntaties. Er is gerekend met een ggl waarde voor het zonwerende glas van 0,40. De uitgebreide specificaties waarmee gerekend is zijn te vinden in bijlage F. De uitkomsten van de berekeningen zijn hieronder in tabel 6 te zien.

De resultaten van het onderzoek zijn vergelijkbaar met die van het onderzoek naar de invloed van jaloezieën op verschillende oriëntaties. Wanneer zonwerend glas wordt toegepast op zowel de zuid-, oost- als westgevel neemt de kans op oververhitting pas significant af. Andere combinaties hebben net zoals in het onderzoek naar de invloed van jaloezieën op verschillende oriëntaties nauwelijks invloed. De verklaring hiervoor is dan ook hetzelfde als in het onderzoek naar de invloed van jaloezieën op verschillende oriëntaties. Ter verduidelijking zijn de maatgevende geveloriëntaties in de tabel vetgedrukt.

Zonwerend glas op:	Geen	Noord	Oost	Zuid	West	WO	WN	WZ	WZN	WZO	ZWON
BENG 1 [kWh]	86,2	85,37	85,29	86,00	84,84	84,78	84,78	85,58	85,95	86,15	86,59
BENG 2 [kWh]	13,74	14,08	14,36	14,72	14,31	14,98	14,69	15,36	15,78	16,04	16,51
BENG 3	87,4%	87,2%	87,1%	86,9%	87,1%	86,8%	86,9%	86,6%	86,4%	86,3%	86,1%
TOjuli	2,63	2,63	2,63	2,63	2,49	2,49	2,49	2,28	2,28	1,19	1,19

Tabel 6: Invloed zonwerend glas per gevel

Uit dit onderzoek zou de conclusie getrokken kunnen worden dat zonwerend glas op het noorden geen invloed heeft en dus beter nooit toegepast kan worden om kosten te besparen en om niet onnodig de BENG 2 waarde op te laten lopen. Echter kan zonwerend glas op het noorden wel oververhitting tegengaan, de software rekent namelijk met inval van zon op het noorden. Hierdoor kan zonwerend glas op het noorden in sommige gevallen het TOjuli getal positief beïnvloeden.

Waar in de gevoeligheidsanalyse gerekend werd met een ggl waarde van 0,0 is hier een realistische waarde van 0,40 gebruikt. Dit maakt het mogelijk om de uitkomsten van het onderzoek naar de invloed van jaloezieën op verschillende oriëntaties te vergelijken met de uitkomsten van dit onderzoek. Wat opvalt is dat de invloed op het TOjuli getal kleiner is bij het toepassen van zonwerend glas dan jaloezieën. De BENG 1 indicator wordt aan de andere kant negatiever beïnvloed bij de toepassing van zonwerend glas, wat overeenkomt met de gevoeligheidsanalyse.

Een laatste ingreep die een positieve invloed uitoefent op het TOjuli indicatiegetal is het toepassen van zomernachtventilatie. Zomernachtventilatie zorgt voor een maximale invloed van op het TOjuli getal van 93%. zomernachtventilatie heeft naast een positieve invloed op het TOjuli getal namelijk ook een positieve invloed op de energievraag, BENG 1, en geen negatieve invloed op één van de andere indicatoren. Oftewel men verliest er niets mee. Het nadeel van zomernachtventilatie is wel dat de plaatsing van de luiken in de meeste gevallen geen wenselijke toevoeging is voor het esthetische ontwerp van een woning.

4.3.4 Maximale positieve invloed

In de laatste categorie vallen de parameters die een maximale positieve invloed zullen opleveren. Al deze ingrepen zijn vormen van actieve koeling. Dit is logisch te verklaren. Het is namelijk zo dat de nieuwe bepalingsmethode zo is opgesteld dat iedere

vorm van actieve koeling direct ervoor zorgt dat de TOjuli-eis komt te vervallen. Een actieve koelvoorziening zoals een warmtepomp die ook kan koelen of een airco geeft dus een TOjuli van 0,0.

Het energiegebruik van dit soort voorzieningen weegt dan wel mee in de uitkomsten van de BENG-2 (het energiegebruik in kWh/m² neemt toe) en BENG-3 (het aandeel hernieuwbare energie neemt af). Dit is ook te zien in figuur 5. Hieruit is o.a. op te maken dat de toepassing van een elektrische compressiekoeling in combinatie met een afgifte systeem in de vorm van een vloerverwarming kan zorgen voor een minimale stijging van het energiegebruik, BENG-2, in combinatie met een TOjuli indicatiegetal van 0,0.

4.3.5 Deelconclusie

Om terug te komen op de tweede deelvraag: 'welke gebouwparameters zijn beschikbaar voor de realisatie van vrijstaande woningen en welke hebben theoretisch de hoogste invloed op de BENG en TOjuli-eisen?': Door het opstellen van een gevoeligheidsanalyse kan de conclusie getrokken worden dat de parameters met theoretisch de hoogste invloed op de TOjuli-eis vormen van actieve koeling zijn. Interessant wordt het als er gekeken wordt naar de meest effectieve maatregelen in de vorm van passieve koeling. Dit zijn de volgende drie parameters:

- Het verlagen van de ggl waarde van het glas.
- Het toepassen van zwarte jaloezieën (buiten) voor de gevelopeningen op de zuid-, oost- en westgevel, afbeelding 4.2;
- Het realiseren van zomernachtventilatie luiken in de gevel, afbeelding 4.3.

5 VERTALING ONTWERPPAKKETTEN

In hoofdstuk vier is de maximale theoretische invloed van de verschillende bouwparameters bepaald. Na deze theoretische afbakening zal in dit hoofdstuk de koppeling naar de praktijk gemaakt worden door ontwerppakketten op te stellen, hierbij zal gekeken worden naar de praktische toepasbaarheid. Vervolgens zal het financiële rendement van deze ontwerppakketten inzichtelijk gemaakt worden. Dit zal leiden tot een antwoord op de derde en laatste deelvraag: welk ontwerppakket is het meest gunstig voor SelektHuis om de nieuw te bouwen vrijstaande woningen aan de toekomstige BENG en TOjuli-eisen te laten voldoen?

5.1 ONTWERPPAKKETTEN

De theoretische afbakening in hoofdstuk vier laat zien welke parameters de potentie hebben om een positieve invloed op de verschillende indicatoren uit te oefenen. De analyse ging echter uit van maximale invloeden, bijvoorbeeld door het invoeren van de isolatie met een R_c van $100 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. In de praktijk is dit echter niet toepasbaar. In deze paragraaf zijn daarom verschillende ontwerppakketten opgesteld die in de praktijk toepasbaar zijn op de verschillende woningen van SelektHuis. Om de woningen te laten voldoen aan alle indicatoren zullen er combinaties gemaakt worden met verschillende parameters, zogenoemde ontwerppakketten.

5.1.1 Interferentie van parameters

Voordat de ontwerppakketten opgesteld worden is het belangrijk om de invloed van verschillende parameters op elkaar te begrijpen. Als een parameter invloed heeft op het energiegebruik voor warm tapwater (bijvoorbeeld een douche-wtw) zal deze niet interfereren met een parameter die het energiegebruik van het ventilatiesysteem vermindert (bijvoorbeeld het type ventilatiesysteem). Parameters zullen wel interfereren als ze beide invloed hebben op hetzelfde energieonderdeel. Het toepassen van een WTW heeft bijvoorbeeld als gevolg dat het toepassen van extra isolatie een lagere theoretische invloed zal hebben, omdat deze beide concurreren om de warmtevraag te verlagen. Ook parameters die oververhitting

tegengaan zullen op deze manier met elkaar interfereren. Daar komt bij dat de meeste parameters invloed hebben op de vier verschillende indicatoren. Het is dus geen simpele optelsom van de verschillende parameters. Dit is een belangrijk gegeven voor de bepaling van de ontwerppakketten.

5.1.2 Ontwerppakket 1

Het eerste pakket is een pakket waarbij geen actieve koeling is toegepast en waarbij is geprobeerd de invloed op het esthetische ontwerp zo klein mogelijk te houden. Dit is gedaan door het type glas aan te passen. Het aanpassen van het glas is namelijk een kostentechnisch aantrekkelijke ingreep en heeft een minimale invloed op het esthetisch ontwerp. Er is voor glas gekozen met een verbetering in de ZTA-waarde (zontoetredingsfactor), g-waarde, van 0,60 naar 0,40. Het glas zal worden toegepast op de oost-, zuid- en westgevel. Om aan de TOjuli-eis te voldoen zal enkel deze ingreep in de meeste gevallen niet voldoende zijn, daarom is er ook op de oost-, zuid- en westgevel zonwering toegepast. In dit pakket worden screens gebruikt, omdat deze geen invloed hebben op het esthetische ontwerp in tegenstelling tot jaloezieën, zoals beschreven in paragraaf 4.3.3. In bijlage G is de exacte plaatsing van het zonwerende glas en de screens terug te vinden.

Dit pakket vraagt niet om extra energie om aan de nieuwe regelgeving te voldoen. Door de invoering van de nieuwe primaire

Doorrekeningen

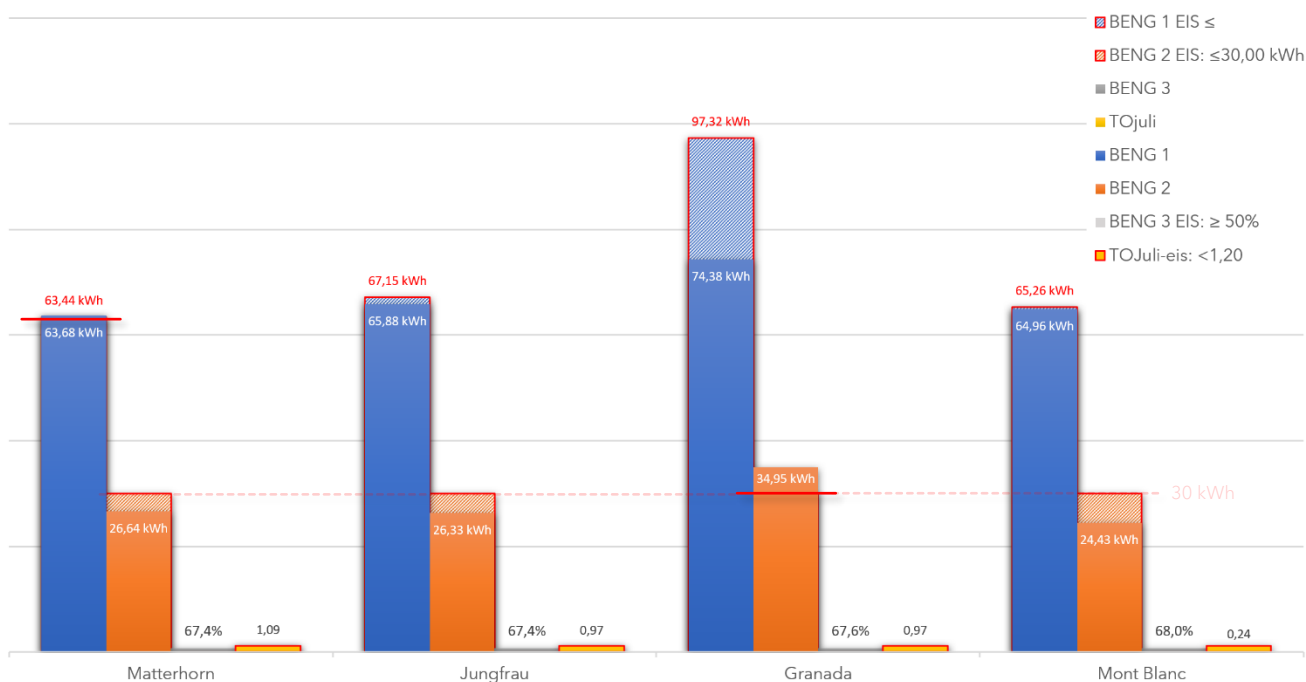
energiefactor (PEF) voor elektriciteit neemt de invloed van PV-panelen af vergeleken met de EPC berekeningen. Het weglaten van PV-panelen heeft ook te maken met de vervanging van de bepalingmethode NEN 7120. In NEN 7120 werd namelijk een toeslag opgenomen voor 'zomercomfort', deze moest ongewenste opwarming voorkomen. Deze toeslag werd in de EPC berekening vaak gecompenseerd met PV-panelen. Hiermee werd in de praktijk niet daadwerkelijk ongewenste opwarming voorkomen, maar de oplossing was wel effectief in de berekening. In de NTA8800 is de toeslag komen te vervallen en een TO-juli-indicator toegevoegd. Om kosten te besparen is er bij dit pakket voor gekozen om geen PV panelen toe te passen.

De uitkomsten van de doorrekeningen zijn te zien in figuur 6 en tabel 8. Dit pakket heeft een positieve invloed op het TOjuli indicatiegetal. Alle woningen voldoen. Deze positieve invloed op het TOjuli getal door het zonwerende glas zorgt wel voor een negatieve invloed op de BENG 1 uitkomsten. Zo voldoet de Matterhorn niet meer aan BENG 1, de andere woningen hebben ook niet veel "ruimte" meer over.

2 PV-panelen

BENG 1 [kWh]	74,45
BENG 2 [kWh]	27,77
BENG 3	74,3%
TOjuli	0,97

Tabel 7: Uitkomsten Granada, pakket 1 met 2 PV-panelen



Figuur 6: Uitkomsten BENG-indicatoren en TOjuli-eis van de vier referentiewoningen met toepassing van ontwerp pakket 1

	Matterhorn	Jungfrau	Granada	Mont Blanc
BENG 1	63,68 kWh	65,88 kWh	74,38 kWh	64,96 kWh
BENG 1 eis: ≤	63,44 kWh	67,15 kWh	97,32 kWh	65,26 kWh
BENG 2: ≤30 kWh	26,64 kWh	26,33 kWh	34,95 kWh	24,43 kWh
BENG 3: ≥50%	67,4%	67,4%	67,6%	68,0%
TOjuli: <1,20	1,09	0,97	0,97	0,24

Tabel 8: Uitkomsten BENG-indicatoren en TOjuli-eis van de vier referentiewoningen met toepassing van ontwerp pakket 1

Door het wegvallen van de PV-panelen is de vraag naar fossiele energie fors toegenomen, in de meeste gevallen valt dit nog onder de gestelde grenswaarde. Alleen voor de gelijkvloerse woning, Granada, is het aandeel van de fossiele energie te groot. Om dit te voorkomen kunnen twee PV-panelen al volstaan. De uitkomsten hiervan zijn weergegeven op de vorige pagina in tabel 7.

Met een primair fossiel energieverbruik van 27,77 kWh voldoet de Granada met twee PV-panelen net aan de grenswaarde van 30,00 kWh. Wanneer een aanpassing wordt doorgevoerd in de referentiewoning is de kans dat de BENG 2 indicator hoger uitvalt erg groot. Het is verstandig om een marge in te bouwen door meer PV-panelen toe te passen.

Wat verder opvalt is dat het TOjuli getal voor de Mont Blanc gelijk is aan 0,22. Deze referentiewoning voldoet daarmee ruim aan de gestelde grenswaarde van 1,2. Zoals eerder uitgelegd, in paragraaf 4.1.2, komt dit door de grote massa van deze referentiewoning. Deze lage uitval van het TOjuli getal maakt het voor de Mont Blanc mogelijk om met minder ingrepen alsnog te voldoen aan de eis voor oververhitting. Zo hoeft in het geval van de Mont Blanc enkel zonwerend glas toegepast te worden om al te voldoen aan de grenswaarde van 1,2. De uitkomsten van de doorgerekende Mont Blanc met enkel zonwerend glas zijn weergegeven in tabel 9.

Zonwerend glas (ggl 0,40)

BENG 1 [kWh]	62,41
BENG 2 [kWh]	23,52
BENG 3	67,9%
TOjuli	0,64

Tabel 9: Uitkomsten Mont Blanc met zonwerend glas

Zoals in paragraaf 4.3.3 al beschreven heeft de toepassing van zonwerend glas op de noordgevel in sommige gevallen invloed op het TOjuli getal. Dit is het geval bij de toepassing van dit pakket in combinatie met de Jungfrau. Om de kans op oververhitting

voor de Jungfrau dus te verkleinen kan er zonwerend glas worden toegepast op het noorden. De toepassing van zonwerend glas op de noordgevel heeft voor de andere referentiewoningen geen effect.

5.1.3 Ontwerppakket 2

Het tweede ontwerppakket is een pakket waarbij ook geen actieve koeling is toegepast. In pakket 1 viel de BENG 1 waarde over het algemeen hoog uit. Pakket 2 vloeit dan ook voort uit pakket 1, met als doel de energiebehoefte, BENG 1 waarde, te verminderen ten opzichte van pakket 1. Dit is gedaan door het achterwege laten van zonwerend glas en het toepassen van zomernachtventilatie in combinatie met screens.

De zomernachtventilatie is verwerkt in de gevels op zowel de begane grond als op die van de verdieping. Hierdoor wordt een luchtstroom in de woning gecreëerd. Deze stroming zal voor een betere verkoeling zorgen. Het grote nadeel van zomernachtventilatie is dat het een grote invloed op het esthetisch ontwerp van de woningen kan hebben. De exacte plaatsing

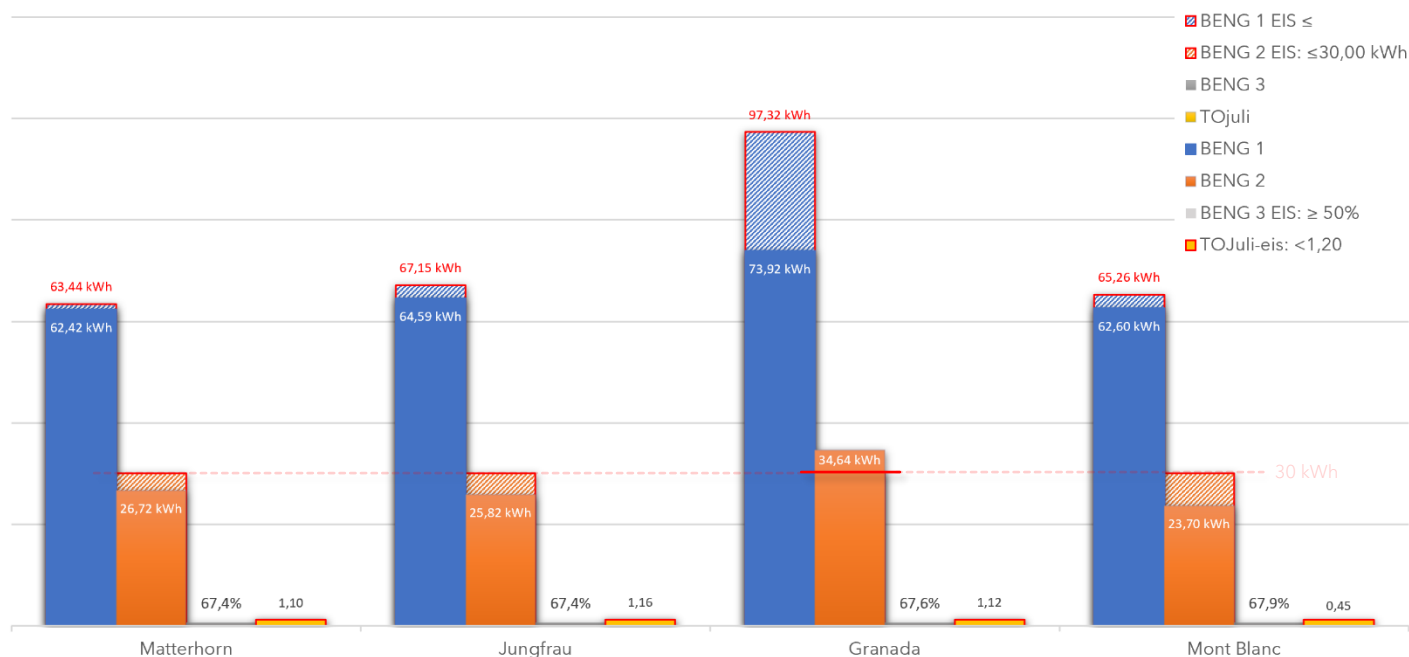
van de zomernacht ventilatieluiken en screens is te vinden in bijlage H.

Ook voor dit pakket geldt dat de PV-panelen achterwege worden gelaten, om budget vrij te maken.

Doorrekeningen

De resultaten van de doorrekeningen van ontwerppakket 2 op de referentiewoningen zijn hieronder te zien in figuur 7.

Het doel van dit pakket was het verlagen van de energiebehoefte ten opzichte van pakket 1. Dit is gelukt door het achterwege laten van het zonwerende glas. Voor dit pakket geldt dat de BENG 2 waarde te hoog uitvalt bij de Granada, net als bij pakket 1, door het achterwege laten van de zonnepanelen. Om te voldoen aan de gestelde grenswaarde zal het toepassen van PV-panelen het meest effect hebben.



Figuur 7: Uitkomsten BENG-indicatoren en TOjuli-eis van de vier referentiewoningen met toepassing van ontwerppakket 2

	Matterhorn	Jungfrau	Granada	Mont Blanc
BENG 1	62,42 kWh	64,59 kWh	73,92 kWh	63,17 kWh
BENG 1 eis: ≤	63,44 kWh	67,15 kWh	97,32 kWh	65,26 kWh
BENG 2: ≤30 kWh	26,72 kWh	25,82 kWh	34,64 kWh	23,89 kWh
BENG 3: ≥50%	67,4%	67,4%	67,6%	68,0%
TOjuli: <1,20	1,10	1,16	1,12	0,26

Tabel 10: Uitkomsten BENG-indicatoren en TOjuli-eis van de vier referentiewoningen met toepassing van ontwerppakket 2

Ook voor dit pakket geldt dat de zonwering eventueel achterwege kan worden gelaten om de Mont Blanc alsnog te laten voldoen aan de grenswaarde voor oververhitting. De TOjuli waarde zou dan op 1,13 uitkomen. Zie ook tabel 11 hieronder.

Zomernachtventilatie

BENG 1 [kWh]	60,74
BENG 2 [kWh]	22,65
BENG 3	67,8%
TOjuli	1,13

Tabel 11: Uitkomsten Mont Blanc met zomernachtventilatie

5.1.4 Ontwerppakket 3

Het derde pakket is een pakket waarbij het esthetische ontwerp niet hoeft te worden aangepast. Ook de oriëntatie van de woningen speelt geen rol. Aantrekkelijk dus voor het proces van SelektHuis. Het nadeel van dit pakket is de toepassing van actieve koeling, waar tevens ook de ontwerpvrijheid uit voort komt.

Actieve koeling vraagt om energie, passieve koeling niet, daarom is actieve koeling minder energiebewust. De toename van de energievraag zal terug te zien zijn in het hoger uitvallen van de BENG 2 indicator, het aandeel van fossiele energie.

Als bron voor de actieve koeling is er gekozen voor een warmtepomp met een koelfunctie. In dit pakket zijn er twee typen afgiftesystemen toegepast in de woningen. Op de begane grond en badkamer wordt vloerkoeling toegepast, op de verdieping zorgen regelbare convectoren voor koeling. De convectoren vervangen de elektrische radiatoren en zijn ook in staat te verwarmen. Bij de Granada is enkel vloerkoeling toegepast als afgiftesysteem, omdat dit een gelijkvloerse woning is.

In dit pakket zijn de PV-panelen in eerste instantie niet meegerekend, om zo budget vrij te maken voor een koelsysteem. Men kan echter een inschatting maken dat de kans groot is dat de energievraag van de woningen

de grenswaarde zal overschrijden zonder toepassing van PV-panelen. De BENG 2 waarde bij de toepassing van 6 PV-panelen is daarom ook weergegeven in tabel 11.

Het volledige overzicht van de specificaties van ontwerppakket 3 is weergegeven in bijlage I.

Doorrekeningen

Op de volgende pagina in figuur 7 en tabel 13 is te zien dat de TOjuli voor alle referentiewoningen gelijk is gesteld aan 0,00. Dit vanwege de toepassing van een actief koelsysteem.

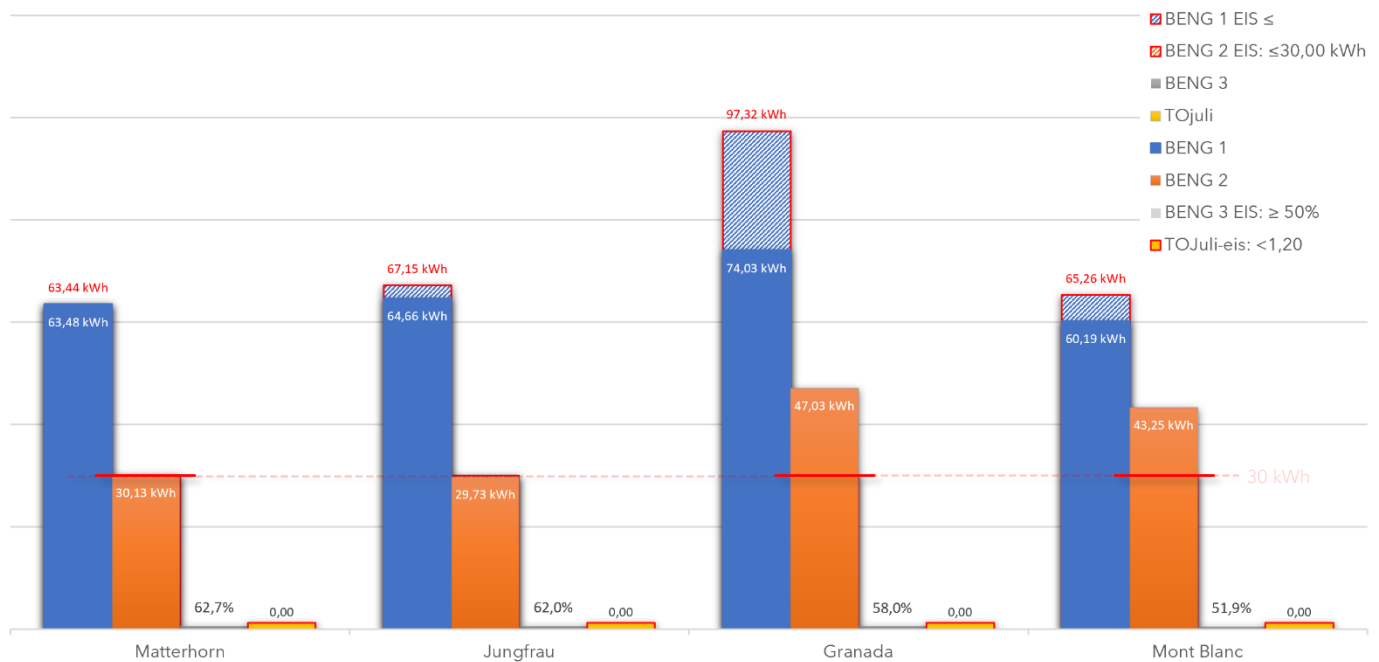
Ontwerppakket 3 zorgt voor een toename van de BENG 2 waarde. Dit hangt samen met het toepassen van actieve koeling, wat veel energie vraagt. Bij de toepassing van geen PV-panelen blijft enkel de Jungfrau onder de gestelde grenswaarde van 30 kWh. Dit is echter minimaal te noemen met 0,27 kWh. Een kleine wijziging in het basismodel kan er al voor zorgen dat de grenswaarde wordt overschreden. De grenswaarde wordt overschreden bij de Matterhorn, Granada en Mont Blanc. De toepassing van 6 PV-panelen is dus een must.

Bij de Mont Blanc wordt bij de toepassing van 6 panelen de grenswaarde alsnog overschreven. Dit heeft te maken met de grote massa van de woning, hierdoor is er veel energie nodig om de gehele woning te koelen. Om de BENG 2 waarde te laten dalen kunnen er extra PV-panelen worden toegevoegd. Wanneer men van 6 naar 10 panelen zou gaan dan zorgt dit voor een BENG 2 uitkomst van 28,05 kWh voor de Mont Blanc. De uitkomsten van deze doorrekening zijn hieronder in tabel 12 weergegeven.

10 PV-panelen

BENG 1 [kWh]	60,19
BENG 2 [kWh]	28,05
BENG 3	68,8%
TOjuli	1,13

Tabel 12: Uitkomsten Mont Blanc, pakket 2 met 8 PV-panelen



Figuur 8: Uitkomsten BENG-indicatoren en TOjuli-eis van de vier referentiewoningen met toepassing van ontwerp pakket 3

	Matterhorn	Jungfrau	Granada	Mont Blanc
BENG 1	63,48 kWh	64,66 kWh	74,03 kWh	60,19 kWh
<i>BENG 1 eis: ≤</i>	63,44 kWh	67,15 kWh	97,32 kWh	65,26 kWh
BENG 2: ≤30 kWh	30,13 kWh	29,73 kWh	47,03 kWh	43,25 kWh
<i>met 6 pv:</i>	15,45 kWh	17,51 kWh	26,98 kWh	34,13 kWh
BENG 3: ≥50%	62,7%	62,0%	58,0%	51,9%
TOjuli: <1,20	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 13: Uitkomsten BENG-indicatoren en TOjuli-eis van de vier referentiewoningen met toepassing van ontwerp pakket 3

5.1.5 Ontwerppakket 4

Het vierde pakket is een pakket waarbij een combinatie is gemaakt tussen actieve koeling en passieve koeling. Op de begane grond is namelijk vloerkoeling toegepast met als opwekker de luchtwarmtepomp. Op de verdieping wordt geen actieve koeling toegepast, maar zonwerend glas in combinatie met screens. Oververhitting wordt op die manier op de verdieping tegengegaan door passieve koeling. Deze combinatie moet zorgen voor een milieuvriendelijkere variant, een kleiner aandeel fossiele energie (BENG 2), van pakket 3 waarbij de ontwerpvrijheid van pakket 3 niet verloren gaat.

Vloerkoeling op de begane grond toepassen is een relatief eenvoudige, en daarom financieel aantrekkelijke, aanpassing ten

opzichte van het huidige basispakket van SelektHuis. De vloerkoeling op de begane grond zorgt voor het vervallen van de eis voor oververhitting op de begane grond.

De ggl waarde van het glas wordt aangescherpt van 0,60 naar 0,40. De screens zullen net zoals bij pakket 1 in de gevel verwerkt worden om het esthetische ontwerp zo minimaal mogelijk te beïnvloeden.

In dit pakket zijn de PV-panelen in eerste instantie niet meegerekend, om zo budget vrij te maken. Net zoals bij pakket 3 is wel de uitkomst gegeven wanneer er 6 PV-panelen zouden worden toegepast.

De Granada is niet doorgerekend, omdat deze referentiewoning geen verdieping heeft.

Doorrekeningen

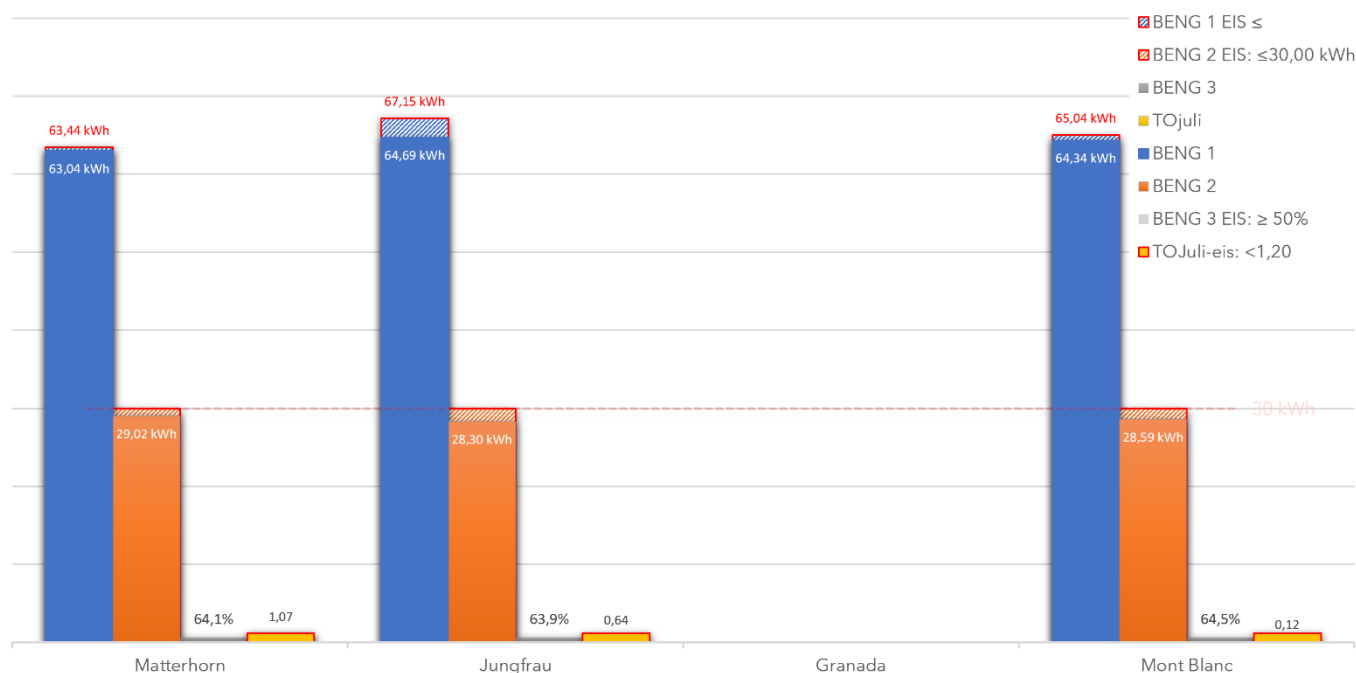
Hieronder in figuur 8 en tabel 14 zijn de uitkomsten weergegeven wanneer ontwerppakket 4 wordt toegepast op de referentiewoningen.

Alle referentiewoningen voldoen aan de TOjuli-eis en het aandeel van fossiele energie is afgenomen ten opzichte van pakket 3. Dit is verklaarbaar, het koelsysteem hoeft namelijk enkel de begane grond te koelen. Hiervoor is minder energie nodig, waardoor het mogelijk is om zonder PV-panelen aan de eisen te voldoen. De marge voor de grenswaarde van BENG 2 is echter wel minimaal, in de praktijk zullen dus nog pv-panelen nodig zijn. Bij de uitkomsten van de Mont Blanc is te zien dat er hoe dan ook PV-panelen nodig zijn om aan BENG 2 te voldoen.

De TOjuli valt extreem laag uit bij de Jungfrau en Mont Blanc. Voor deze referentiewoningen kan daarom de zonwering achterwege gelaten worden. Er wordt dan enkel zonwerend glas op de verdieping toegepast. De uitkomsten per referentiewoning zijn hieronder weergegeven in tabel 15. Zoals te zien is in tabel 15 blijven beide woningen onder de TOjuli grenswaarde.

	Jungfrau	Mont Blanc
BENG 1 [kWh]	64,27	78,78
BENG 2 [kWh]	15,48	25,91
BENG 3	79,6%	72,9%
TOjuli	1,10	0,44

Tabel 15: Pakket 4 zonder screens



Figuur 8: Uitkomsten BENG-indicatoren en TOjuli-eis van de vier referentiewoningen met toepassing van ontwerppakket 4

	Matterhorn	Jungfrau	Granada	Mont Blanc
BENG 1	63,04 kWh	64,69 kWh	x	64,34 kWh
BENG 1 eis: ≤	63,44 kWh	67,15 kWh	x	65,04 kWh
BENG 2: ≤30 kWh	29,02 kWh	28,30 kWh	x	28,59 kWh
met 6 pv:	14,35 kWh	16,08 kWh	x	19,47 kWh
BENG 3: ≥50%	64,1%	63,9%	x	64,5%
TOjuli: <1,20	1,07	0,64	x	0,12

Tabel 14: Uitkomsten BENG-indicatoren en TOjuli-eis van de vier referentiewoningen met toepassing van ontwerppakket 4

5.2 FINANCIIEEL RENDEMENT

Door het opstellen van deze pakketten is een koppeling naar de praktijk gemaakt. De ontwerppakketten zijn opgesteld op basis van de gevoeligheidsanalyse en de praktische toepasbaarheid binnen SelektHuis. Om de pakketten tegen elkaar af te wegen is het van belang om de kosten van de verschillende ontwerppakketten inzichtelijk te hebben. In deze paragraaf wordt daarom het financieel rendement van de verschillende pakketten gegeven zodat antwoord gegeven kan worden op deelvraag 3.2, welk ontwerppakket is kostentechnisch het meest aantrekkelijk?

Momenteel bereidt SelektHuis zich voor op de komst van de BENG en TOJuli eisen in januari 2021. Er wordt door verschillende medewerkers samengewerkt. Hierbij wordt onder andere dit onderzoek gebruikt. Het opvragen van prijzen gebeurt op de inkoop afdeling. Inmiddels ontstaat er zo een redelijk beeld over de kosten die bepaalde maatregelen met zich meebrengen. Samen met de inkoop afdeling van SelektHuis is er voor dit onderzoek een ruwe schatting gedaan naar de verhouding wat betreft de kosten tussen de verschillende ontwerppakketten. Dit op basis van de criteria investeringskosten en daling of stijging in het theoretisch energiegebruik.

Het eerste ontwerppakket zal de laagste stijging in kosten opleveren ten opzichte van andere pakketten. De investering in zonwerend glas is de voordeligste investering ten opzichte van andere maatregelen om oververhitting tegen te gaan. Na zonwerend glas zijn screens de voordeligste investering. Het gaat hier om screens die in de spouw verwerkt zijn. Het doekkleur zal donker zijn, voor de hoogste effectiviteit. Zomernachtventilatie luiken zijn de prijzigste investering van de drie toegepaste maatregelen die vallen onder passieve koeling in de opgestelde ontwerppakketten.

Het tweede pakket zal een fractie duurder zijn vanwege de zomernachtventilatieluiken.

Pakket 3 en 4 zullen een heel stuk duurder zijn ten opzichte van pakket 1 en 2 vanwege de investering in de koelinstallatie en benodigde PV-panelen. Bij pakket 4 is een combinatie gemaakt tussen pakket 1 en 3. Hiermee worden kosten bespaard ten opzichte van pakket 4, omdat er geen PV-panelen nodig zijn en er geen convectoren op de verdieping geplaatst hoeven te worden.

De verhouding in kosten tussen de verschillende pakketten is hieronder in tabel 16 weergegeven.

	Kosten
Ontwerppakket 1	€€
Ontwerppakket 2	€€€
Ontwerppakket 3	€€€€€€
Ontwerppakket 4	€€€€

Tabel 16: Verhouding kosten ontwerppakketten

Dit is over het algemeen genomen. Zoals ook al bleek in paragraaf 5.1 zal de prijs nog verschillen per woningtype. Zo heeft de Granada bij pakket 1 en 2 ook PV-panelen nodig waardoor deze in verhouding niet met een zelfde factor goedkoper uitvalt als bij de Matterhorn en Jungfrau. Dit geldt ook voor de Mont Blanc waar nu gerekend is met maatregelen die als overbodig gezien kunnen worden. Denk dan bijvoorbeeld aan de toepassing van screens op de eerste verdieping bij ontwerppakket 4.

Wanneer er puur en alleen naar de kosten gekeken wordt is ontwerppakket 1 het aantrekkelijkst. Het pakket voldoet echter niet altijd aan de grenswaarde voor BENG 1. De woningen die wel voldoen hebben een minimale marge. Dit is niet wenselijk, de kans dat een woning de grenswaarde voor BENG 1 overschrijdt is namelijk zeer groot wanneer er enkele aanpassingen doorgevoerd worden in het basisontwerp. Mocht een woning met de toepassing van pakket 1 wel voldoen aan de BENG 1 eis dan zal dit pakket kostentechnisch het meest aantrekkelijk zijn. Hiermee wordt antwoord gegeven op deelvraag 3.2.

5.3 DEELCONCLUSIE

In deze paragraaf wordt antwoord gegeven op de derde en laatste deelvraag; welk ontwerppakket is het meest gunstig voor SelektHuis om de nieuw te bouwen vrijstaande woningen aan de toekomstige BENG en TOjuli-eisen te laten voldoen? Zoals in paragraaf 5.2 is geconcludeerd, is ontwerppakket 1 kostentechnisch het meest aantrekkelijk, maar het zal niet het meest gunstige ontwerppakket voor SelektHuis zijn. De BENG 1 waarde valt namelijk te hoog uit bij pakket 1.

Om de BENG 1 waarde te verlagen is ontwerppakket 2 opgesteld. Dit pakket is na pakket 1 ook het voordeligste pakket. Het nadeel van dit pakket is echter de ontwerpvrijheid die wordt verminderd door de plaatsing van zomernachtventilatie luiken. Daarnaast kunnen de zomernachtventilatie luiken gezien worden als maatregel die afbreuk doet aan het esthetische ontwerp van de woningen.

Om geen afbreuk te doen aan het esthetische ontwerp is pakket 3 met een koelsysteem voor de gehele woning een optie, echter is dit bij uitstek het duurste pakket.

Het 'combinatiepakket', pakket 3, is in tegenstelling tot pakket 4 wel een kostentechnisch aantrekkelijk pakket. Daarnaast wordt bij dit pakket de ontwerpvrijheid behouden. De screens worden in de spouw verwerkt en zijn dus niet zichtbaar. Het zonwerende glas zal ook geen afbreuk doen aan het esthetische ontwerp. Het verschil tussen zonwerend glas en dubbel glas is verwaarloosbaar. Door de toepassing van vloerkoeling op de begane grond hoeven er geen verdere maatregelen getroffen te worden op de begane grond om oververhitting te voorkomen. Zo hoeft er geen zonwerend glas op de begane grond toegepast te worden wat de uitkomst op de BENG 1 indicator niet doet oplopen zoals bij ontwerppakket 1. Pakket 3 heeft geen PV-panelen nodig.

Ontwerppakket 3 zou als meest gunstige pakket beschouwd kunnen worden. Voor de referentiewoningen Matterhorn en Jungfrau geldt dat ook.

Voor een hoogbouw woning als de Mont Blanc is dit pakket echter niet een optimale keuze. Door de hoge interne warmtecapaciteit van de bouwmethode in combinatie met het grote volume van de woning is de kans op oververhitting kleiner. Er zijn dan ook niet veel maatregelen nodig om te voldoen aan de TOjuli eis. Voor dit woningtype volstaat daarom enkel zonwerend glas op de verdieping in combinatie met vloerkoeling op de begane grond. De screens komen dus te vervallen.

Voor een gelijkvloerse woning, Granada, is pakket 3 niet toepasbaar. Het valt op dat de grenswaarde voor BENG 2 in verhouding bij dit woningtype altijd hoger uitvalt ten opzichte van de andere referentiewoningen waardoor extra PV-panelen nodig zijn. Het toepassen van vloerkoeling, pakket 3, is kostentechnisch een relatief voordelige manier om deze woning te laten voldoen aan de TOjuli eis en om ontwerpvrijheid te behouden. Hiermee vraagt men wel meer energie, waardoor er 6 PV-panelen nodig zijn. Pakket 1 zou ook een optie kunnen zijn, echter zijn ook voor dit pakket PV-panelen nodig, 2 panelen. De verwachting is dat pakket 3 kostentechnisch voordeliger uitpakt dan pakket 1. Hierdoor heeft ontwerppakket 3 de voorkeur. Vanuit energie- en milieu- bewust oogpunt zou pakket 1 de voorkeur hebben, vanwege het lagere aandeel van fossiele energie, BENG 2. Pakket 2 valt af vanwege de grote invloed van de zomernachtventilatie luiken op het esthetische ontwerp van een woning.

6 CONCLUSIE, DISCUSSIE EN AANBEVELINGEN

In dit hoofdstuk wordt het onderzoek afgesloten. In de conclusie wordt antwoord gegeven op de hoofdvraag, vervolgens worden de beperkingen van het onderzoek ter discussie gesteld in paragraaf 6.2. Uiteindelijk wordt dit hoofdstuk afgesloten in paragraaf 6.3 waarin verschillende aanbevelingen voor SelektHuis aan bod komen.

6.1 CONCLUSIE

Om tot een heldere conclusie te komen zal antwoord gegeven moeten worden op de hoofdvraag. De hoofdvraag is als volgt: Hoe beïnvloedt de invoering van de BENG en TOjuli-eisen het energetisch ontwerp en energiegebruik van nieuw te bouwen vrijstaande woningen binnen SelektHuis? Om tot een antwoord te komen zijn in de afgelopen drie hoofdstukken drie deelvragen beantwoord die leiden tot beantwoording van de hoofdvraag.

In hoofdstuk 3 wordt antwoord gegeven op de eerste deelvraag: Wat zijn de theoretische verschillen tussen de toekomstige en huidige regelgeving voor energiezuinigheid? Om deze vraag te beantwoorden zijn de oude en nieuwe regelgeving beide uitvoerig bestudeerd. Waar bij de EPC de score voor energiezuinigheid nog werd uitgedrukt in één indicator zal deze vanaf 2021 worden uitgedrukt in vier verschillende indicatoren:

- BENG 1: maximale energiebehoefte (in kWh/m².jr);
- BENG 2: maximale hoeveelheid primair energiegebruik (in kWh/m².jr);
- BENG 3: minimale aandeel hernieuwbare energie van het totale energieverbruik (in procenten);
- TOjuli: een dimensieloos indicatiegetal om oververhitting tegen te gaan.

Deze vier indicatoren hangen nauw met elkaar samen en parameters hebben invloed op meerdere indicatoren. Aan deze vier indicatoren moet gelijktijdig voldaan worden. Dit zal ervoor zorgen dat de nieuwe wet- en regelgeving voor energiezuinigheid en milieu

in de toekomst integraal meegenomen moeten worden in alle, eerdere, fasen van het proces.

In hoofdstuk 4 is de deelvraag: Welke gebouwparameters zijn beschikbaar voor de realisatie van vrijstaande woningen en welke hebben theoretisch de hoogste invloed op de BENG en TOjuli-eisen?

Vanuit de gevoeligheidsanalyse waarin 35 verschillende parameters bekeken zijn is er antwoord gegeven op deze deelvraag. De TOjuli eis blijkt de scherprechter te zijn en dus zijn de parameters met de grootste maximale invloed op het TOjuli getal van belang. Dit zijn alle actieve koelsystemen met een invloed van 100%. Daarnaast zijn er passieve maatregelen die effectief zijn, te noemen, zomernachtventilatie luiken (93%), g-waarde van het glas verbeteren (80%), screens toepassen (69%) en jaloezieën buiten toepassen (66%).

In hoofdstuk 5 wordt de koppeling naar de praktijk gemaakt middels de volgende deelvraag: Welk ontwerppakket is het meest gunstig voor SelektHuis om de nieuw te bouwen vrijstaande woningen aan de toekomstige BENG en TOjuli-eisen te laten voldoen?'. Het antwoord op deze vraag komt voort uit verschillende ontwerppakketten, samenstelling van parameters, die opgesteld zijn. Deze pakketten zijn tegen elkaar afgewogen waarbij alle verschillende disciplines uit het bouwproces zijn meegenomen. Wat opvalt is dat de bruikbare ontwerppakketten zorgen voor een lage energiebehoefte, BENG 1, en een kleine kans op oververhitting, TOjuli. Deze twee

indicatoren zijn sterk afhankelijk van elkaar. Het juiste pakket vindt hier een juiste balans in. Daarnaast moet het pakket geen of nauwelijks invloed hebben op het esthetische ontwerp van de woningen en moeten de kosten laag blijven.

Een pakket dat hierin het beste slaagt is een 'combinatie' pakket waarbij vloerkoeling op de begane grond is toegepaste in combinatie met zonwerende beglazing en screens op de eerste verdieping. De 6 PV-panelen zijn bij dit pakket niet nodig om aan de BENG eisen te voldoen, dus komen deze te vervallen.

Voor hoogbouw woningen zoals de Mont Blanc gaat een uitzondering op. Deze grote woningen hebben door de hoge massa van de constructie minder kans op oververhitting, daarom zijn er niet veel maatregelen nodig om te voldoen aan de TOjuli eis. Voor dit woningtype volstaat het om enkel zonwerend glas op de verdieping toe te passen in combinatie met vloerkoeling op de begane grond. De screens komen te vervallen.

Een andere uitzondering geldt voor gelijkvloerse woningen zoals de Granada. Voor deze woningen is het toepassen van vloerkoeling in combinatie met 6 PV-panelen de meest geschikte aanpassing om te voldoen aan alle eisen.

Als antwoord op de hoofdvraag kan er dus geconcludeerd worden dat de invoering van de BENG en TOjuli-eisen het energetisch ontwerp en energiegebruik in relatief grote mate beïnvloeden. Alle vrijstaande basiswoningen binnen SelekHuis zullen aangepast moeten worden om te voldoen. Afhankelijk van variabelen als de gebouwworm, oriëntatie en gevelindeling van een woning zijn er verschillende aanpassingen nodig. Eén ontwerppakket dat alle woningen aan de regelgeving laat voldoen, zoals bij de EPC, is niet langer mogelijk. De invoering van de BENG en TOjuli-eisen zal ervoor zorgen dat iedere woning uniek op de regelgeving afgestemd moet worden om te voldoen. Het is daarom van belang om al vanaf de eerste fases

in het bouwproces aandacht te besteden aan het energetisch ontwerp van een woning.

Er is meer aandacht nodig voor het energetische ontwerp tijdens het gehele bouwproces. Dit zal meer tijd innemen en de energiekosten verhogen wat de prijs van de woningen laat stijgen. Daarnaast zullen er aanvullende maatregelen getroffen moeten worden om de woningen te laten voldoen aan de regelgeving. Deze maatregelen zullen zorgen voor een prijsstijging. De invoering van de BENG en TOjuli eisen gaan dus zorgen voor aanpassingen aan het energetisch ontwerp wat een prijsstijging van de woningen tot gevolg heeft.

6.2 DISCUSSIE

De gevoeligheidsanalyse vormt de kern van dit onderzoek. Voor deze analyse zijn vier verschillende vrijstaande woningtypen doorgerekend. Vanuit deze vier woningen wordt het overgrote deel van alle woningen binnen SelektHuis verkocht. Hiermee representeren de 4 woningen het grootste deel van de verkoop binnen SelektHuis, wat zich doorvertaalt naar de huidige Nederlandse nieuwbouwwereld van vrijstaande woningen. Dit betekent dat bij herhaling van deze gevoeligheidsanalyse de resultaten hetzelfde zouden moeten zijn, daarmee zijn de resultaten van dit onderzoek valide.

Het onderzoek is uitgevoerd binnen bepaalde randvoorwaarden en beperkingen. Deze zijn veelal genoemd bij de afbakening van de probleemstelling of in de hoofdstukken waar een betreffend onderdeel wordt besproken. Hieronder worden de gevonden resultaten uit het onderzoek integraal in het licht van deze randvoorwaarden en beperkingen gezet.

Allereerst is de uitkomst van de literatuurstudie interessant. In het onderzoek wordt 'out of the box' gedacht en aangegeven dat er een woning met gasaansluiting door zal worden gerekend in de huidige BENG software. Vanwege de beschikbare tijd voor het onderzoek is dit achterwege gelaten. Toch is het interessant om een onderzoek te starten waarbij gekeken wordt naar het daadwerkelijk verschil in CO₂ uitstoot tussen Nederland, met de van-het-gas-af beweging en buurlanden die nog met gas bouwen.

Ten tweede is het belangrijk om te blijven beseffen dat het overgrote deel van alle installaties die in de huidige nieuwbouwwoning worden toegepast, gemaakt zijn van onnatuurlijke en niet duurzame materialen. In de toekomst zal het materiaalgebruik meer en meer een rol moeten spelen in de bouwwereld. Dit soort installaties zijn uiteindelijk niet de oplossing voor een milieuvriendelijke en duurzame samenleving.

Een derde aandachtspunt voor dit onderzoek is de rekensoftware die gebruikt is. Er is gerekend met de allereerste versie van Uniec3. Deze bèta versie werd in juni 2020 beschikbaar gesteld en is constant aangepast tijdens uitvoering van het onderzoek. Ook na afronding van het onderzoek is de software nog geüpdatet. Er zullen inmiddels meer invoervelden zijn die invloed hebben op de uitkomsten van de berekeningen.

Punt vier gaat om de uitkomsten van het onderzoek in de praktijk. Uiteindelijk moet de invoering van de nieuwe regelgeving zorgen voor een comfortabeler binnenklimaat, met name de TOjuli eis. Bij ontwerppakket 3 is het zo dat de woningen voldoen aan de TOjuli eis, maar men kan zich afvragen hoe comfortabel het binnenklimaat van deze woningen gaat zijn. Door vloerkoeling op de begane grond toe te passen met een te laag vermogen om de hele ruimte terug te koelen op warme zomerdagen en een verdieping die een erg goede thermische schil kent vanwege het zonwerende glas, de screens en de goede luchtdichtheid neemt de kans op oververhitting in de praktijk alsnog toe. De vraag is in hoeverre de warme lucht die opstijgt in de woning en vervolgens in de slaapkamers op de verdieping blijft hangen zorgt voor een oncomfortabel binnenklimaat. Om dit enigszins verder te onderzoeken heb ik een bezoek gebracht aan een door SelektHuis gebouwde woning uit 2018 die nagenoeg dezelfde aanpassing heeft als ontwerppakket 3 biedt. Uit dit bezoek bleek dat de bewoners toch nog wel hinder ondervonden van de warmte op warme zomerdagen. De uitkomsten van dit bezoek zijn te vinden in bijlage J. Het zou nuttig zijn om hier nog verder onderzoek naar te doen.

Het laatste aandachtspunt van dit onderzoek is dat de kosten niet gebaseerd zijn op doorrekeningen van de woningen, maar op ruwe schattingen. Dit omdat alle prijzen van de verschillende maatregelen en installaties nog niet bekend waren tijdens de uitvoering van dit onderzoek.

6.3 AANBEVELINGEN

Op basis van de resultaten en de conclusie van het onderzoek worden er in deze paragraaf drie aanbevelingen gedaan voor SelektHuis en verder onderzoek.

Dit onderzoek heeft duidelijk gemaakt wat er aan de kant van de aannemer met de BENG en TOjuli berekeningen wordt gedaan. Om kosten en tijd te besparen is een aanbeveling voor SelektHuis om al vroeg, vanaf de eerste aanpassingen aan een basismodel, en gedurende het gehele bouwproces aandacht te besteden aan het energetische ontwerp. Dit moet zorgen voor een nog betere integrale samenwerking tussen de verschillende vakdisciplines. Dit kan SelektHuis bereiken door al vanaf de eerste aanpassing aan het basismodel, opdrachtgevers te wijzen op de gevolgen van aanpassingen op het energetische ontwerp en eventuele aanpassingen en meerprijzen die dit met zich meebrengt. Binnen SelektHuis staan de verkoopadviseurs in contact met de opdrachtgevers, de tekenaars staan normaalgesproken nauwelijks tot niet in contact met de opdrachtgevers. Voor een soepele implementatie van bepaalde maatregelen die nodig zijn voor het energetisch ontwerp is het dus van belang dat de verkoopadviseurs voorzien worden van de kennis die hen het inzicht geeft in de invloed van de BENG en TOjuli eisen op het energetisch ontwerp. Dit is echter geen simpel inzicht, om dit toch te implementeren in het proces zal men dit moeten versimpelen. Een manier om dit te doen kan zijn door een simpel puntensysteem, waarbij minpunten worden gegeven voor bijvoorbeeld het toevoegen van raampartijen op de zuidgevel, oftewel wanneer de kans op oververhitting toeneemt. Pluspunten worden dan gegeven wanneer een maatregel een positief effect heeft op het TOjuli getal, zoals het toepassen van extra screens. Op deze manier blijft de kennis concreet en behapbaar voor de adviseurs. In verloop van tijd zullen de

adviseurs ervaring op doen met BENG en TOjuli en steeds beter kunnen inschatten wat bepaalde maatregelen tot gevolg hebben.

De tweede aanbeveling die vanuit dit onderzoek gedaan wordt is voor SelektHuis om de basismodellen aan te passen zodat deze voldoen aan de nieuwe regelgeving. In het onderzoek zijn verschillende ontwerppakketten aan bod gekomen. Hieruit is gebleken welke pakketten voor SelektHuis een uitkomst kunnen bieden om aan de nieuwe regelgeving te voldoen. Om ontwerpvrijheid te behouden en de meerprijs van de woningen minimaal te houden komt er één pakket naar boven. Voor de modellen, Matterhorn en Granada, geldt dat de PV-panelen achterwege zouden kunnen worden gelaten. Door het toepassen van vloerkoeling op de begane grond in combinatie met zonwerend glas en screens op de eerste verdieping wordt oververhitting van deze woningen voorkomen. Voor hoogbouw woningen, zoals de Mont Blanc, volstaat het zelfde ontwerppakket, echter kunnen de screens op de eerste verdieping achterwege gelaten worden. Voor gelijkvloerse woningen, zoals de Granada, is de toepassing van vloerkoeling de beste keuze om te voldoen aan de regelgeving, maar wel in combinatie met 6 PV-panelen.

De derde en laatste aanbeveling voor SelektHuis is om de opdrachtgever helder te informeren over de eis voor oververhitting. Het is namelijk niet zo dat wanneer een woning voldoet aan de regelgeving van temperatuuroverschrijding men er vanuit kan gaan dat dit garant staat voor een comfortabel binnenklimaat. Uiteindelijk moet de opdrachtgever geïnformeerd zijn over hoe verschillende systemen gebruikt moeten worden om oververhitting tegen te gaan. Zo zal de opdrachtgever zelf de screens moeten sluiten op het juiste moment en moeten bewoners ingelicht worden over de invloed van vloerkoeling. Door vloerkoeling toe te

passen voldoet een ruimte altijd aan de eis voor oververhitting, echter zal de installatie 'maar' 3°C terugkoelen ten opzichte van de buitentemperatuur. Daarbij is het van belang om de installatie ruim op tijd in te schakelen en is het van belang om ramen en deuren zoveel mogelijk gesloten te houden om warme lucht buiten te houden. Om klachten te voorkomen verdient het de aanbeveling om opdrachtgevers hier duidelijk en vroegtijdig van op de hoogte te brengen.

REFERENTIES

Aannemervak. (z.d.). *Zomernachtventilatieluik helpt oververhitting voorkomen* [Foto]. <https://www.aannemervak.nl/duurzaam-bouwen/zomernachtventilatieluik-helpt-oververhitting-voorkomen/>

Adams, K., & Hoekman, M. (2018, mei). *BENG optimaliseert het ontwerp !* (Scriptie). https://hbo-kennisbank.nl/resolve/hogeschoolarnhemnijmegen/eyJoljogljNINmEzOWNkZjNmNGE4OTlhYjVkdFhYzQ1NjhkYTI5ZDZmZDQ0MDg1YjgxODlwYTUxZjlhM2QwYzQ1Y2E4ZjliLC_AidSI6ICJodHRwciovL3N1cmZaGFyZWtpdC5ubC9kbC9oYW4vOTZlYzVjYWltZWUyNS00MTJjLTgwYjctOGUwZGM5NmY1YWRLZjlyZA0NDdmLTI1MmMtNGRmYS1hNDlwLTZyODc3MGU3Y2ZiZiJ9

Ambiance. (z.d.). *Buitenjaloezieën* [Foto]. Ambiance-zonwering buitenjaloezieën. <https://www.ambiance-zonwering.nl/producten-voor-buiten/roma-buitenjaloezie%C3%ABn/buitenjaloezie%C3%ABn/>

Belkaw. (z.d.). *thermografie* [Foto]. Damit die Energie bei Ihnen bleibt. <https://www.belkaw.de/thermografie>

Buitenjaloezie. (z.d.). *Buitenjaloezie - Informatie over buitenzonwering type buitenjaloezie*. Geraadpleegd 19 juni 2020, van <http://buiten-jaloezie.nl/>

DGMR Bouw B.V., van der Loos, R. M. M., & Kuijpers - van Gaalen, I. M. (2019, juli). *Kostenoptimaliteitsstudie NTA 8800 Woningbouw en Utiliteitsbouw* (Nr. 006). <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2018/12/17/kostenoptimaliteitsstudie-beng-eisen/Advies+BENG+eisen+woningbouw.pdf>

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2020, 5 maart). *Aandeel hernieuwbare energie naar 7,4 procent*. Geraadpleegd op 4 mei 2020, van <https://www.cbs.nl/nl-nieuws/2019/22/aandeel-hernieuwbare-energie-naar-7-4-procent>

DGMR Raadgevende Ingenieurs, Ridder, H., & Verbaan, G. (2017, december). *Energie-efficiënt ontwerpen met BENG*. https://dgmr.nl/app/uploads/files/DGMR%20whitepaper%20Ontwerpen%20met%20BENG_dec2017.pdf

DGMR Software BV & Earth Energie Advies B.V. (z.d.). *Uniec 3*. Uniec. Geraadpleegd 2 juni 2020, van <https://unie3.nl/>

Een luchtdichte route naar de BENG (Scriptie). (2019, maart). <https://www.saxion.nl/nieuws/2019/06/meest-luchtdichte-woning-elke-liter-lucht-is-er-een>

Encyclo. (z.d.). *Hernieuwbare energiebronnen*. In *Encyclo.nl*. Geraadpleegd 17 juni 2020, van [https://encyclo.nl/begrip/Hernieuwbare_energiebronnen#:~:text=%EF%BB%BF-.Hernieuwbare%20energiebronnen,en%20energie%20uit%20biomassa%20\(bv](https://encyclo.nl/begrip/Hernieuwbare_energiebronnen#:~:text=%EF%BB%BF-.Hernieuwbare%20energiebronnen,en%20energie%20uit%20biomassa%20(bv)

Europese Unie. (2010a, mei). *RICHTLIJN 2010/31/EU VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD*. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:nl:PDF>

Europese Unie. (2010b, mei). *RICHTLIJN 2010/31/EU VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=NL>

Europese Unie. (2012, januari). *GEDELEGEERDE VERORDENING (EU) 2015/35 VAN DE COMMISSIE - tot aanvulling van Richtlijn 2009/138/EG van het Europees Parlement en de Raad betreffende de toegang tot en uitoefening van het verzekerings- en het herverzekeringsbedrijf (Solvabiliteit II)*. <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0035&from=NL>

Europese Unie. (2013, juni). *VERSLAG VAN DE COMMISSIE AAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD - Vooruitgang van de lidstaten op weg naar bijna-energie neutrale gebouwen*. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0483R\(01\)&from=NL](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0483R(01)&from=NL)

Europese Unie. (2016, juli). *AANBEVELING (EU) 2016/1318 VAN DE COMMISSIE - betreffende richtsnoeren voor de bevordering van bijna-energie neutrale gebouwen en beste praktijken om te waarborgen dat in 2020 alle nieuwe gebouwen bijna-energie neutrale gebouwen zijn*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016H1318&from=NL>

Harmelink, M., Harmelink consulting, & Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). (2018, augustus). *BENG-3 indicator - Aanpak voor het bepalen van het aandeel hernieuwbaar energiegebruik in gebouwen*. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/05/Eindrapport%20koude%20in%20BENG%203%20Harmelink.pdf>

het Vlaams Energieagentschap. (z.d.). *Systeem C: natuurlijke toevoer en mechanische afvoer*. Energiesparen. Geraadpleegd 27 mei 2020, van <https://www.energiesparen.be/ventilatie/systeemC>

Heuveling Dakbedekking B.V. (z.d.). *Fakro buitenzonwering Newline AMZ antraciet (090)*. Dakraampje. Geraadpleegd 1 oktober 2020, van <https://www.dakraampje.nl/newline->

[buitenzonwering-voor-fakro-dakraam-kleur-090?gclid=Cj0KCQjw8rT8BRCbARIsALWiOvSWlrAXHe7QUdd7rL1Ptg13BW3WKQINnFIGaJiaGR4aZeyu3iBfF8aArK4EALw_wcB](https://www.fakro.nl/buitenzonwering-voor-fakro-dakraam-kleur-090?gclid=Cj0KCQjw8rT8BRCbARIsALWiOvSWlrAXHe7QUdd7rL1Ptg13BW3WKQINnFIGaJiaGR4aZeyu3iBfF8aArK4EALw_wcB)

Kelder, J. [NPO radio 1]. (2020). *David Smeulders over effectiviteit energiebeleid - dr Kelder en Co over griep hysterie en effectiever klimaatbeleid* [Videobestand]. Geraadpleegd van <https://www.nporadio1.nl/dr-kelder-en-co/onderwerpen/527722-david-smeulders-over-effectiviteit-energiebeleid>

Koninklijk Nederlands Normalisatie-instituut (NEN). (2019, juni). *NTA 8800:2019-06 nl*. <https://www.nen.nl/en/nta-8800-2019-06-nl-260798>

Lente-akkoord Zeer Energiezuinige Nieuwbouw. (2019a, juni). *Warmtenetten in BENG*. <https://www.lente-akkoord.nl/wp-content/uploads/2019/06/Factsheet-Warmtenetten-in-BENG.pdf>

Lente-akkoord Zeer Energiezuinige Nieuwbouw. (2019b, september). *Eisen aan temperatuuroverschrijding in nieuwe woningen*. <https://www.lente-akkoord.nl/wp-content/uploads/2019/09/ZEN-factsheet-Eisen-aan-temperatuuroverschrijding-in-nieuwe-woningen.pdf>

Lente-akkoord Zeer Energiezuinige Nieuwbouw. (2019c, november 21). *beng to juli* [Illustratie]. ZEN-BROCHURE 'WONINGBOUW VOLGENS BENG'. <https://www.lente-akkoord.nl/zen-brochure-woningbouw-volgens-beng/>

Milieu Centraal. (z.d.). *Douchewarmte terugwinning*. MilieuCentraal.nl. Geraadpleegd 27 mei 2020, van <https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/energiezuinig-huis/energiezuinig-verwarmen-en-warm-water/douche-wtw/>

ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Nieman Raadgevende Ingenieurs, D.W.A., van der Heide, J., Vreemann, H. L., & Haytink, G. (2016, september). *Onderzoek innovatieve opties BENG*.

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2017/03/Onderzoek%20innovatieve%20opties%20BENG.pdf>

NEN. (2012, 1 juli). *Bepalingsmethode EPC*. rvo.

<https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/nieuwbouw/energieprestatie-epc/bepalingsmethode-epc>

NEPROM & Themagroep BENG en TOjuli, geïnitieerd door Lente-akkoord Zeer Energiezuinige Nieuwbouw. (2019, september). *Woningbouw volgens BENG*. <https://www.lente-akkoord.nl/wp-content/uploads/2019/11/ZEN-Brochure-Woningbouw-volgens-BENG-2019.pdf>

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V., LenteAkkoord, Cornelisse, M., Haytink, T. G., & Valk, H. J. J. (2019, oktober). *Consequenties definitieve BENG-eisen en TOjuli*. <https://www.lente-akkoord.nl/wp-content/uploads/2019/10/Rapport-consequenties-BENG-eisen-TOjuli-Nieman-RI-en-Lente-akkoord.pdf>

Peutz B.V., & Eijssackers, J. A. (2018, januari). *Invloed gebouwgeometrie op de BENG-indicatoren* (D 3116-3-RA). <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/12/Eindrapport%20Geometrie%20Peutz.pdf>

Pijpers, I. R., van der Woude, H. H. J., Brinksma, H., van Tol, A., Bonebakker, M., Flapper, H. A. J., Hofkes, K., & Zimmerman, N. (2004). *Jellema Hogere Bouwkunde* (tweede druk, tweede oplage editie). ThiemeMeulenhoff. <https://jellema-online.nl>

PNG ITEM. (z.d.). *Hand With Leaf Growing From Clean Air Due To Green* [Foto]. pngitem. <https://www.pngitem.com/middle/bwRRhm-hand-with-leaf-growing-from-clean-air-due/>

Remkes, J. W., Lysias Advies, Dijkgraaf, E., Freriks, A., Gerbrandy, G. J., Maij, W. H., Nijhof, A. G., Post, E., Rabbinge, R., Scholten, M. C. T., & Vet, L. (2019, september). *Niet alles kan - Eerste advies van het Adviescollege Stikstofproblematiek*.

<https://www.raadvanstate.nl/publish/pages/119468/niet-alles-kan-eerste-advies-adviescollege-stikstofproblematiek.pdf>

Renson. (2012, 26 september). *RENSON® Fixscreen®evo - windvaste screens evolueren* [Illustratie]. architectenweb. <https://architectenweb.nl/producten/product.aspx?ID=16926>

Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland (rvo). (z.d.). *beng bijna energieneutrale gebouwen* [Illustratie]. rvo. <https://rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels/nieuwbouw/energieprestatie-beng/indicatoren>

SelektHuis. (z.d.). *Basismodellen* [Illustratie]. SelektHuis basismodellen. <https://www.selekthuis.nl/basismodellen/>

Sipro Media bvba. (2018, 9 februari). *Plaatsingsmethode screens*. BouwInfo. <https://www.bouwinfo.be/bouwforum/thread/s/plaatsingsmethode-screens.342772/>

TRIAS ENERGETICA. (z.d.). [Illustratie]. TRIAS ENERGETICA. <http://tasjavandruten.com/emiel/2016/11/03/trias-energetica/>

van de Lockand, D., & Zanfrisco, M. (2018, mei). *The Big BENG* (Scriptie). <https://hbo-kennisbank.nl/resolve/hogeschoolarnhemnii/megen/eyJoljogljc4YTJjZDliYTBlZGFIZjJjNTBjNDM1YmQzZTdhYjdjNTBjNTdjZDdhMWVjM2lONzhhNzZmY2U5NWQ4MzE5NzUiLCAidSI6lCJodHRwczovL3N1cmZzaGFyZWtpdC5ubC9kbC9oYW4vNjgyMTZmZTQ0ZDA3ZC00N2MxLWE2ZmQ0MDM3NmMxMjUzZWZjL2JkNTAwNmE5LTdlYjUtNGJkZS1hNmVkLTlyMTMzM2ZmYmlxZSJ9>

van der Bent, H. S., Entrop, A. G., & Halman, J. I. M. (2013, februari). *Ontwikkelingen in energetisch ontwerp woningen*. https://research.utwente.nl/files/6950068/2013VV02_096-99.pdf

van Dongen, A., & van Mersbergen, C. (2020, 4 februari). *Hoogleraar kraakt klimaatbeleid: 'Stoppen met gas zorgt juist voor méér CO2'*. Geraadpleegd op 29 april 2020, van <https://www.ad.nl/wonen/hoogleraar-kraakt-klimaatbeleid-stoppen-met-gas-zorgt-juist-voor-meer-co2~ae3edac7/?referrer=https://www.google.com/&referrer=https://myprivacy.dpgmedia.net/>

W/E adviseurs, ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Leenaerts, C., & Nuiten, P. (2018, april). *Temperatuuroverschrijding in nieuwe woningen in relatie tot voorgenomen BENG-eisen*. <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2019/05/Temperatuuroverschrijding%20in%20nieuwe%20woningen%20in%20relatie%20tot%20voorgenomen.pdf>

Wiebes, E. (2019, 28 juni). *Voorstel voor een Klimaatakkoord*. Geraadpleegd op 17 april 2020, van <https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/kamerstukken/2019/06/28/kamerbrief-voorstel-voor-een-klimaatakkoord>

Zonnepanelengids. (2017, 22 december). *Richting en hellingshoek van zonnepanelen*. Zonnepanelengids.com. <https://www.zonnepanelengids.com/zonnepanelen-plaatsen/richting-hellingshoek-zonnepanelen/>

BIJLAGEN

Hier is een overzicht van de bijlagen te vinden waarnaar verwezen wordt in dit onderzoek.

- BIJLAGE A : Literatuuronderzoek
- BIJLAGE B : Specificaties referentiewoningen
- BIJLAGE C : Overzichtstekeningen referentiewoningen
- BIJLAGE D : Gevoeligheidsanalyse
- BIJLAGE E : Specificaties woning jaloezieën studie
- BIJLAGE F : Specificaties woning zonwerend glas studie
- BIJLAGE G : Overzichtstekeningen ontwerppakket 1
- BIJLAGE H : Overzichtstekeningen ontwerppakket 2
- BIJLAGE I : Specificaties ontwerppakket 3
- BIJLAGE J.a : Bewonerservaring koeling in de praktijk
- BIJLAGE J.b : Overzichtstekening woning - Bewonerservaring koeling in de praktijk
- BIJLAGE K : Analyse regelgeving voor energiezuinigheid en milieu