

Oververhitting voorkomen bij een woning gebouwd met Ecohomepanel, een utopie?

Studierichting

Bachelor Toegepaste Architectuur

Optie

Bouwmanagement

Academiejaar

2015 – 2016

Howest Brugge



Hannes Desmet

Oververhitting voorkomen bij een woning gebouwd met Ecohomepanel, een utopie?

Hannes Desmet

Interne begeleider
Dhr. M. Van de Velde

Studierichting
Bachelor Toegepaste Architectuur

Externe begeleiders
Dhr. S. Grymonprez
Dhr. P. Bouckaert

Optie
Bouwmanagement

0035415-10
hannesdesmet@hotmail.com

Academiejaar
2015 – 2016

Juni 2016

Howest Brugge



Bachelorproef ingediend tot het behalen van de graad bachelor Toegepaste Architectuur

Woord vooraf

In het zesde semester kregen we de opdracht om een bachelorproef te maken. Bij deze uitdaging wilde ik een onderzoek handelend over een hedendaags probleem, een thema die een hot item is. Zo kwam ik terecht bij oververhitting bij lichte bouwsystemen. Ecohomepanel is een opkomend licht bouwsysteem die zich hier uitstekend toe leent.

Uiteraard heb ik veel bijgeleerd. Niet enkel bouwfysisch maar ook het zoeken naar informatie, het kritisch bekijken van artikels en het stelselmatig tot een conclusie komen vind ik bijzonder interessante opgedane vaardigheden.

Mijn dank gaat uit naar de heer Mathieu Van de Velde, interne begeleider voor mijn bachelorproef en zaakvoerder van MVDV Architectuur. Hij stuurde me in het onderzoek en gaf me interessante feedback over de opbouw van mijn onderzoek.

Ook de heer Sven Grymonprez, promotor van Ecohomepanel, wil ik graag bedanken voor zijn bijstand, alle geleverde info, technische ondersteuning en bereidheid om mee te werken aan mijn bachelorproef.

Verder wil ik Kurt Ryckeboer als bouwheer, Hans Vannieuwenhuysse als aannemer, Wim Houthoofdts als ingenieur, Steven Verbeke als architect, Herlinde Gryp als architect, Hilde Dewanckele als architect en Els Staessens als architect bedankten voor hun uitnodiging om op gesprek te komen in hun kantoor. Bij deze gesprekken verkreeg ik waardevolle informatie, deed ik nieuwe inzichten op en het gaf me een nieuwe flow bij het verder werken aan mijn bachelorproef.

Ik wil ook nog graag Ronald de Graan van het KUBUS support team (Ecodesigner STAR) bedanken voor de spoedige antwoorden toen ik hulp nodig had.

Last but not least wil ik mijn vrouw Melissa danken voor de steun, ontspanning en motivatie om deze bachelorproef tot een goed einde te brengen.

Lijst van tabellen en figuren:

Figuur 1: Ecohomepanel 10 cm.....	11
Figuur 2: Werf Ecohomepanel.....	11
Figuur 3: Bouwknopen bij Ecohomepanel	12
Figuur 4: Samenstelling en montageonderdelen van Ecohomepanel	12
Figuur 5: Belastingstest WTCB	14
Figuur 6: Belastingstest	14
Figuur 7: Test brandweerstand.....	14
Figuur 8: Prefab metselwerk.....	15
Figuur 9: Bouwen met Ecohomepanel	15
Figuur 10: Formule voor het bepalen van het energieverbruik	16
Figuur 11: Overzicht van factoren met invloed op oververhittingsindicator	17
Figuur 12: Parameters thermisch comfort	18
Figuur 13: Grafiek verhouding PPD en PMV	19
Figuur 14: Comfortmarges als de gebruiker zijn omgeving kan beïnvloeden	20
Figuur 15: Comfortmarges als de gebruiker zijn omgeving niet kan beïnvloeden	21
Figuur 16: Een koudestrategie ontwikkelen.....	22
Figuur 17: Zontoetredingsfactor, lichttransmissie	23
Figuur 18: Stand van de zon	23
Figuur 19: Verschil tussen binnen- en buitenzonwering	24
Figuur 20: Beschaduwning door bomen.....	25
Figuur 21: Energiebalans van de mens.....	28
Figuur 22: Thermodeck	31
Figuur 23: Temperatuursverloop in een Canadese buis.....	31
Figuur 24: horizontale captatie	32
Figuur 25: verticale captatie	32
Figuur 26: Onafscheidelijke driehoek	34
Figuur 27: Luchtlekken rond raamaansluitingen.....	34
Figuur 28: Blowerdoortest	34
Figuur 29: De faseverschuiving bij materialen met kleine en grote thermische massa	37
Figuur 30: Natuurlijke schaduw	38
Figuur 31: Betonkernactivering.....	39
Figuur 32: Temperatuursverloop i. f. v. de hoeveelheid opgeslagen - en opslag van voelbare en latente warmte	40
Figuur 33: Vergelijking warmtecapaciteit water, steen, hout plastic en PCM	40
Figuur 34: Beeld van simulatiewoning	50
Figuur 35: Grondplan gelijkvloerse verdieping	50
Figuur 36: Grondplan 1e verdieping	51
Figuur 38: Achtergevel, zuiden.....	52
Figuur 37: Rechtergevel, westen.....	52
Figuur 39: Linkergevel, oosten	52
Figuur 40: Voorgevel, noorden.....	52
Figuur 41: Oriëntatie bij de simulatie 90° gedraaid.....	63
Figuur 42: Oriëntatie bij de simulatie 180° gedraaid.....	64
Figuur 43: Oriëntatie bij de simulatie 270° gedraaid.....	65
Figuur 44: Recipe score	79
Figuur 45: Feedstock recyclage	83

Verklaring van afkortingen, symbolen en woorden

Absorptiefactor	α	De mate waarmee de warmte 'opgeslorpt', geabsorbeerd wordt door een medium. Een absorptiefactor van 0,5 komt overeen met het absorberen van 50% en reflecteren van 50% van de warmte.
American National Standards Institute	ANSI	Het instituut houdt toezicht op de creatie, de verspreiding en het gebruik van de duizenden normen en richtlijnen die direct van invloed zijn op ondernemingen in bijna alle sectoren: van akoestische apparaten aan de bouwmaachines, van zuivel en dierlijke productie tot distributie van energie, en nog veel meer.
American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers	ASHRAE	Dit is een wereldwijde vereniging die door middel van onderzoek, het schrijven van normen, het publiceren en door voortgezet onderwijs, bouwt aan systemen, aan energie-efficiëntie voor de kwaliteit van de binnenlucht en aan koeling en duurzaamheid om zo het menselijk welzijn te verbeteren.
Bijna Energie Neutraal	BEN	Een BEN-woning is een woning die bijna geen energie verbruikt.
Building Research Establishment Environmental Assessment Method	BREEAM	Een methode om de duurzaamheid van bouwprojecten te evalueren en te quoteren, ontwikkeld door het gerenommeerde Britse BRE voor de kantorenmarkt in Groot-Brittannië.
Diffusiviteit [m ² /s] [vierkante meter per seconde]	a	De snelheid waarmee de temperatuur van een materiaal evolueert, hangt af van de verhouding van de warmtegeleidbaarheid en het product van de twee andere grootheden: $\lambda = \rho/C$. Hoe groter deze waarde, hoe sneller het materiaal opwarmt.
Druk [Pa] [pascal]		Pascal is de eenheid van druk. De pascal is gedefinieerd als de druk die een kracht van 1 newton uitoefent op 1m ² .
Ecohomepanel	EHP	Sandwich bouwpaneel van Isobar nv.
Effusiviteit		De hoeveelheid warmte die aan een materiaal moet geleverd worden om zijn temperatuur te doen stijgen, warmte-indringingsgetal, contactcoëfficiënt. Hoe groter deze waarde, hoe meer energie aan het materiaal moet geleverd worden om het op te warmen. Een materiaal met een lage effusiviteit voelt warm aan, een materiaal met een hoge effusiviteit voelt koud aan.
EnergiePrestatie en Binnenklimaat	EPB	Alle woningen waarvoor vanaf 1 januari 2006 een aanvraag om te bouwen wordt ingediend moeten aan bepaalde eisen voldoen met betrekking tot het binnenklimaat (EPB eisen). De energieprestatie van een gebouw hangt af van het energieverbruik van dat gebouw. Dit wordt bepaald door verschillende factoren zoals geleidingsverliezen (afhankelijk van de thermische isolatie), de ventilatieverliezen, het rendement van de verwarming, de warmwaterproductie, enz.
E-peil		Het E-peil geeft de energieprestatie van je woning en vaste installaties aan in normale omstandigheden. Hoe lager de waarde, hoe minder energie jouw woning gebruikt. De thermische isolatie, luchtdichtheid en compactheid beïnvloedt het E-peil maar ook de oriëntatie en bezonning. Ook de vaste installaties spelen een vaste rol: verwarming, ventilatie en koeling.
Geautoclaveerd		Autoclaveren is een productiemethode bij de productie van hoogwaardige vezelversterkte kunststoffen.
Gekantrecht		De kanten van een voorwerp recht maken.
Houtskeletbouw	HSB	Skeletbouw bestaat uit structureel dragende kolommen en balken. Die vormen het skelet. De wanden en vloeren tussen het skelet vervullen geen dragende functie. Skeletbouw wordt opgetrokken in staal, beton of hout.

Hygiënische ventilatie		Aanvoer van verse lucht in de woning op mechanische wijze. Doordat woningen steeds meer luchtdicht gebouwd worden, is er steeds minder afvoer van gassen uit de woning. Dit kan het wooncomfort verlagen en zelfs gevaarlijk zijn.
Joule [Ws] [wattseconde]	J	Eenheid van energie 1 Ws = 1 J 1 Wh = 3600J; 1 kWh = 3,6 MJ
K-peil		Het K-peil staat voor het algemene isolatiepeil van de woning. Het hangt af van de warmte die je verliest via buitenmuren, dak, vloeren en vensters. Ook de compactheid van je woning stuurt het K-peil.
Kracht [N] [newton]		Newton is de eenheid voor kracht. De eenheid newton is gedefinieerd als de kracht die een massa van 1 kilogram een versnelling van 1 m/s ² geeft.
Ladder van Lansink		De Ladder van Lansink is een standaard op het gebied van afvalbeheer. Het afvalbeleid is erop gericht prioriteit te geven aan de meest milieuvriendelijke verwerkingwijzen. Deze staan bovenaan de 'ladder'.
Leadership in Energy and Environmental Design	LEED	Externe verificatie voor 'groene' gebouwen. LEED- gecertificeerde gebouwen zijn zuinig. Ze gebruiken minder water en energie om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen.
Lengte [m] [meter]		Meter is de eenheid voor lengte
Lichttoetredings-aandeel (LTA)		Dit is de waarde die weergeeft hoeveel licht door de beglazing wordt doorgelaten. Hoe hoger die waarde, hoe meer licht wordt doorgelaten.
Life cycle analyse	LCA	Levenscyclusanalyse (LCA) van een product, ook wel wieg tot graf analyse genoemd, is een methode om de totale milieubelasting te bepalen van een product gedurende de hele levenscyclus, dat wil zeggen: winning van de benodigde grondstoffen, productie, transport, gebruik en afvalverwerking
Luchtdichtheidstest		Voor de luchtdichtheidstest of blowerdoortest sluit je de woning langs buiten volledig af en zet je binnen alle deuren open. Dan plaats je een ventilator in de deuropening. Die zorgt achtereenvolgens voor boven- en onderdruk totdat je een gemiddeld drukverschil van 50 Pa verkrijgt. Je meet dan hoeveel lucht de ventilator moet blazen op die 50 Pa aan te houden. Zo kom je te weten hoe groot de eventuele lekken zijn. Met een rookstaafje of thermische camera spoor je de lekken op.
Massiefbouw		Met massiefbouw bedoelt men woningen met massieve wanden en vloeren als dragende, structurele elementen. In Vlaanderen komen snelbouwwanden en beton- of keramische vloeren het vaakst voor. Maar ook houtvezel-cementblokken of paneelelementen uit hout kunnen de basis vormen voor houtmassiefbouw.
Mechanische ventilatie		Mechanische ventilatie is een manier om je woning te ventileren waarbij zowel de verse buitenlucht als de vervuilde binnenlucht met een ventilator actief wordt afgezogen. De debieten of luchtvolumes die ingeblazen en afgezogen worden, moeten steeds in balans zijn zodat er geen onder- of overdruk ontstaat in je woning.
Nachtelijke ventilatie		Nachtkoeling is een vorm van ventilatie die toelaat op warme dagen de woning 's nachts af te koelen. Door de koelere lucht 's nachts in hoge debieten of volumes binnen te zuigen via het bestaande ventilatiesysteem (C of D), koelt je woning af. Dit wordt actieve nachtelijke ventilatie genoemd. Ook de ramen of roosters kunnen 's nachts opengezet worden, zo stroomt de lucht vanzelf binnen zonder de hulp van ventilatoren. Dit noemt men passieve nachtelijke ventilatie. Deze passieve koeling verbruikt nauwelijks energie. Het effect van nachtventilatie mag echter niet vergeleken worden met airconditioning. Het geeft de woning wel een lagere starttemperatuur de volgende zomerdag.
Nederlands instituut voor bouwtechnologie en ecologie	NIBE	Het NIBE draagt al meer dan 25 jaar bij aan een milieuvriendelijke en gezonde bebouwde omgeving. De expertise uit zich in innovatieve

			adviezen, onderzoeken, ontwerpen en modellen op het gebied van duurzaam bouwen, beleid, energie, binnenmilieu en materiaalkennis.
Oververhitting			Men spreekt van oververhitting als de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt.
Oververhittingsfactor / -indicator [Kh] [kelvin uur]			De oververhittingsindicator vertegenwoordigt de niet bruikbare zonnewinsten, ook de niet in de constructie opgeslagen zonnewinsten.
Oververhittings-indicator			De EPB-wetgeving (B23) houdt rekening met het risico op oververhitting (ongemak) in woningen gedurende de zomerperiode. Daarom wordt een oververhittingsindicator berekend die de vastgelegde grenswaarden van de gewesten niet mag overschrijden.
Passiefhuis			Een passiefhuis voldoet aan de eisen van het passiefhuis-certificaat. Voor passiefhuizen ligt de verbruiksgrens voor ruimteverwarming op maximum 15 kWh/m ² per jaar. De andere eisen van het passiefhuis-certificaat verschillen per breedtegraad.
PassiefHuisPlatform	PHP		PassiefHuisPlatform is een organisatie die actief is in de woningbouw en de tertiaire sector, bij nieuwbouw en renovatie. Ze promoten de kwaliteitsbewaking van passiefhuis-projecten en passiefhuis-technologie. Ze organiseren regelmatig cursussen, lezingen, events en studiereizen.
Phase Change Materials	PCM		Een PCM is een stof met een hoge smeltwarmte die smelt en stolt bij een bepaalde temperatuur en geschikt is voor het opslaan en vrijgeven van grote hoeveelheden energie. Warmte wordt geabsorbeerd of vrijgegeven wanneer het materiaal verandert van vast naar vloeibaar en omgekeerd. PCM's worden geclassificeerd als latente warmte opslageneenheden.
Soortelijke massa [ρ] [kg/m ³]			De dichtheid of soortelijke massa van een materiaal is een grootheid die uitdrukt hoeveel massa van dat materiaal aanwezig is in een bepaald volume.
Structurally Insulated Panel System	SIPS		Een SIPS is een high performance bouwsysteem voor woon- en lichte commerciële bouw. De panelen bestaan uit een isolerend schuimkern ingeklemd tussen twee structurele lagen, meest voorkomend is OSB. SIPS worden vervaardigd onder gecontroleerde omstandigheden in de fabriek en kunnen worden vervaardigd tot bijna elk gebouw-ontwerp past. Het resultaat is een bouwsysteem dat zeer sterk, energiezuinig en kosteneffectief is. Bouwen met SIPS bespaart werk, tijd en geld.
Temperatuur [°C] [graden Celsius]		T	Maat voor hoe warm of koud iets is.
Temperatuur [K] [kelvin]		T	Maat voor hoe warm of hoe koud iets is. 273,15 K = 0 °C
Thermische massa			Met de thermische massa of inertie van een materiaal of van je woning wordt bedoeld op de capaciteit van het materiaal om warmte te absorberen en te stockeren in zijn massa. Deze warmte wordt dan later terug afgegeven aan de omgeving wanneer de temperatuur daar daalt. Beton heeft bijvoorbeeld een grote thermisch inertie.
Tijd [u] [uur]		t	Het uur is een eenheid van tijd en wordt gedefinieerd als de tijd van 3600 seconden of 60 minuten van 60 seconden.
Transmissiefactor		T	Is de mate waarin een medium golven zoals licht, geluidsgolven of elektromagnetische golven doorlaat.
Turbulentiegraad			De mate waarin luchtwervelingen plaatsvinden.
U-waarde			Zie warmtedoorgangscoefficiënt.
Vermogen [W] [watt]		P	Energie per tijdseenheid. Watt is de eenheid van vermogen; 1 W = 1 J/s
Vezelcement			Is een materiaal dat hoofdzakelijk bestaat uit cement dat versterkt wordt door vezels.

Vierseizoensglas		Zonwerend glas of vierseizoensglas is dubbele beglazing met een speciale coating die enkel de zonnestralen onder een bepaalde invalshoek binnenlaat. Concreet betekent dit dat de zonnestralen je woning binnendringen wanneer de zon laag staat (zoals tijdens de winter), maar dat ze zullen weerkaatsen wanneer de zon hoog staat (in de zomer).
Vulstoffen		Een vulstof wordt in het fabricageproces aan een materiaal toegevoegd om de eigenschappen ervan te verbeteren of het eindproduct goedkoper te maken. Vulstoffen worden in vele takken van de industrie toegepast, bijvoorbeeld in kunststoffen, papier, coatings, verven en lakken en keramiek, wasmiddel, veevoeder.
Warmtedoorgangscoëfficiënt [W/m ² K] [watt per vierkante meter kelvin]	U	De U-waarde geeft weer wat de warmtestroom is tussen beide zijden van een constructie zoals een raam, binnen- of buitenmuur, enz. De warmtestroom wordt weergegeven bij een oppervlakte van 1 m ² en bij een temperatuurverschil van 1K. De U-waarde is het tegengestelde van de totale warmteweerstand. Er is sprake van de totale warmteweerstand omdat een wand meestal bestaat uit meerdere materialen en dus een combinatie is van verschillende weerstanden. Ook de overgangsweerstanden worden hierbij in rekening gebracht. De warmtestroom die beschouwd wordt staat loodrecht op het oppervlak.
Warmtedoorgangsweerstand [m ² K/W] [vierkante meter kelvin per watt]	R	De warmtedoorgangsweerstand is een grootheid die de verhouding weergeeft van een homogeen materiaal tussen de dikte en de warmtegeleidingscoëfficiënt van dat materiaal. $R = d/\lambda$ Hieruit volgt dat wanneer de dikte van het materiaal toeneemt ook de warmtedoorgangsweerstand toeneemt en als het materiaal een lage warmtegeleidingscoëfficiënt heeft (goed isolerend materiaal) de warmtedoorgangsweerstand ook zal toenemen.
Warmtegeleidingscoëfficiënt [W/mK] [watt per meter kelvin]	λ	Een (bouw)materiaal heeft altijd een zekere warmtegeleiding. Materialen die slecht geleiden en dus de warmte niet of weinig doorgeven worden isolatiematerialen genoemd. De isolatiewaarde van een materiaal wordt bepaald door factoren zoals de aard, de vochtigheid en de temperatuur van het materiaal. De warmtegeleidingscoëfficiënt is de energie, in dit geval de warmtestroom, die door een volume van 1 m ³ stroomt bij een verandering van temperatuur van 1 K. Hoe lager de λ -waarde is, hoe slechter het materiaal de warmte geleidt
Warmteterugwinning		Warmteterugwinning kan geïnstalleerd worden in je luchtgroep om de restwarmte uit de afgezogen lucht over te dragen aan de verse aangezogen buitenlucht. Zo wordt deze voorverwarmd en gaat er minder warmte verloren. Deze warmteterugwinning gebeurt steeds via plaatjes of een andere warmtegeleidend materiaal zonder dat de lucht effectief mengt.
Zonfactor / zonnetoetredingsfactor of zontoetredingsaandeel (ZTA)	g	De g-waarde van glas is de verhouding tussen de zonne-energie die door de beglazing wordt doorgelaten en de invallende zonne-energie. Hoe lager de g-waarde, hoe minder zonnestralen in de woning komen.

Inleiding

Als bouwheer heb je vandaag de keuze tussen veel bouwsystemen. Kiezen is niet evident. Bovendien kun je verschillende bouwsystemen combineren, hybride bouwen heet dat. Zo profiteer je van de voordelen van twee of meer technieken. (Staessens, 2016)

Deze bachelorproef behandelt het bouwsysteem met Ecohomepanel, al dan niet gecombineerd met materialen en ingrepen die oververhitting verhinderen.

Bij ieder bouwsysteem moet een studie gemaakt worden over factoren als energie, comfort, duurzaamheid en ecologie. Tegelijkertijd moet dit gebouw ook voldoen aan de EPB eisen. Vanaf eind 2020 moeten nieuwe gebouwen in Europa 'Bijna Energie Neutrale' (BEN) gebouwen zijn. Dit is een gebouw met een zeer hoge energieprestatie, waarbij de dicht bij nul liggende of zeer lage hoeveelheid energie, met een zeer aanzienlijke mate afkomstig moet zijn uit lokale hernieuwbare bronnen'.

Parameters die de energiebehoefte van een gebouw beïnvloeden zijn isolatie van constructiedelen, zonbenutting en zonwering, luchtdoorlatendheid van de gebouwschil en de gebouwmassa. Het verlagen van de energiebehoefte is de eerste stap in het verlagen van het energiegebruik van het gebouw.

In de afgelopen jaren is in ons land meer aandacht gekomen voor het bouwen met gepréfabriceerde sandwichpanelen, SIP's of Structural Insulated Panels. Bij het streven naar BEN-woningen zijn bepaalde SIP's, bijvoorbeeld Ecohomepanel, uitermate geschikt. EHP zijn dragende panelen die tegelijk goed isoleren, opgebouwd uit twee lagen cementvezelplaat met daartussen PUR-isolatie. Wat deze panelen interessant maakt zijn de goed oplosbare bouwknopen en de luchtdichtheid, de korte bouwtijd en de kostprijs ervan. Het bouwen met dit paneel is aantrekkelijk doordat het 'pakket' veel smaller is dan bij de traditionele bouwwijze waardoor meer binnenruimte beschikbaar wordt. Er zijn aan dit onderwerp al veel studies gewijd die veelal tot dezelfde conclusies komen.

Eén daarvan is dat bouwen met SIPS naast vele voordelen ook enkele punten heeft waar aandacht aan besteed moet worden. Eén daarvan is de kans op oververhitting tijdens de zomermaanden.

In het artikel 'Nieuwe houtbouwmethode: snel, licht en sterk isolerend' van Livios van 16 maart 2014 beschrijft men het als volgt: "Een uitdaging bij houten woningen, is het gebrek aan massa. Ze bufferen warmte en koude niet zo efficiënt als een traditionele bouw. Daarom moet je via het ontwerp, oververhitting zoveel mogelijk voorkomen. Wij werken bijvoorbeeld met grote dakoversteken in de zuidelijke gevel en met zonwering aan de buitenzijde". De bouw met SIP's komt in grote lijnen overeen met deze met sandwichpanelen op het vlak van oververhitting.

In deze bachelorproef tracht ik aan te tonen dat, mits het toepassen van één of meerdere ingrepen, oververhitting kan verhinderd worden bij deze manier van bouwen.

Deze kunnen van allerhande aard zijn, enerzijds ingrepen die voortvloeien uit het ontwerp en anderzijds ingrepen die genomen dienen te worden bij het gebruik van het gebouw. Er wordt ook een onderscheid gemaakt tussen ingrepen die energie verbruiken en ingrepen die niet energie behoevend zijn. Deze behandel ik stuk voor stuk met een literatuurstudie, zie hoofdstuk 2.

Ik wil verschillende ingrepen tegen oververhitting bij het bouwen met EHP met elkaar vergelijken. In hoeverre ze effectief hun functie vervullen, de haalbaarheid ervan en vooral welke interessanter zijn ten opzichte van andere. Dit doe ik aan de hand van een casestudie met behulp van de software Ecodesigner Star van Graphisoft Archicad.

Woord vooraf.....	
Lijst van tabellen en figuren:.....	1
Verklaring van afkortingen, symbolen en woorden.....	2
Inleiding.....	6
Inhoudsopgave.....	7
1. Literatuuronderzoek.....	11
1.1 Vanwaar komt oververhitting bij een gebouw gebouwd met Ecohomepanel?	11
1.1.1 Ecohomepanel, What's in a name?	11
1.1.2 Systeembouw (prefab bouw)	15
1.1.3 Vanwaar oververhitting?	16
1.1.4 Oververhitting en EPB	17
1.1.5 Thermisch comfort / Zomercomfort.....	18
1.2 Welke ingrepen kunnen genomen worden om oververhitting te verhinderen?.....	22
1.2.1 Een efficiënte zonwering.....	23
1.2.2 Het beperken van interne warmtelasten	28
1.2.3 Koelen aan de hand van natuurlijke koudebronnen.....	29
Free cooling: Luchtgedragen systemen	29
Geocooling: Watergedragen systemen	32
1.2.4 Luchtdichtheid.....	34
1.2.5 Het voorzien van materialen met een aanzienlijke thermische inertie	36
A. Passief gebruik van de thermische massa van een gebouw.....	36
B. Actief gebruik van de thermische massa van een gebouw	39
C. Studie over het effect van thermische massa	39
D. Materialen met PCM's.....	40
2. Uit het werkveld	42
3. Onderzoek en resultaten	50
Methodologie	50
Simulatiesoftware	53
Resultaten van de simulatie.....	55
3.1 EHP woning zonder ingrepen.....	55
3.2 EHP woning met een houten vloer op de benedenverdieping.....	56
3.3 EHP woning waarbij de isolatie zich onder de vloerplaat bevindt.....	57
3.4 EHP woning met massieve betonnen binnenmuren.....	58
3.5 EHP woning met een massieve dekvloer op de eerste verdieping.....	60

3.6 EHP woning met massieve binnenmuren en een massieve dekvloer op de eerste verdieping.....	61
3.7 Traditioneel massieve gemetste woning	62
3.8 EHP woning die 90° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het westen gericht	63
3.9 EHP woning die 180 ° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het noorden gericht	64
3.10 EHP woning die 270° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het oosten gericht.....	65
3.11 EHP woning waarbij screens zijn aangebracht bij de ramen in het oosten, zuiden en westen	66
3.12 EHP woning waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen	67
3.13 EHP woning waarbij de ramen maximaal isoleren en drievoudig glas geplaatst is	68
3.14 EHP woning waarbij aan de noordkant de ramen maximaal isoleren, drievoudig glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen	69
3.15 EHP woning waarbij alle ramen maximaal isoleren, drievoudig glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen.....	70
3.16 EHP woning waarbij bomen geplaatst zijn in het zuiden en oosten die de woning beschaduwen ...	71
3.17 EHP woning waarbij screens zijn aangebracht en vierseizoensglas met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het oosten, zuiden en westen én waarbij zeer isolerende drievoudige beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het noorden.....	72
3.18 Overzicht van de resultaten.....	74
4. Conclusie.....	77
5. De toekomst van pur, het nieuwe asbest-verhaal??.....	78
De isolatiewaarde.....	80
Gezondheidsrisico.....	80
Afvalprobleem	81
Recyclage.....	83
Alternatieven	83
Minerale wol	83
Referentielijst.....	85
Bijlagen	87
Bijlage 1: resultaten van de simulatie 3.1 voor de EHP woning zonder ingrepen en zonder technieken .	87
Bijlage 3: resultaten van de simulatie 3.2 voor de EHP woning met houten vloer op de benedenverdieping zonder technieken.....	97
Bijlage 4: resultaten van de simulatie 3.2 voor de EHP woning met houten vloer op de benedenverdieping met technieken.....	102
Bijlage 5: resultaten van de simulatie 3.3 voor de EHP woning waarbij de isolatie zich onder de vloerplaat bevindt zonder technieken.....	107
Bijlage 6: resultaten van de simulatie 3.3 voor de EHP woning waarbij de isolatie zich onder de vloerplaat bevindt met technieken	112

Bijlage 7: resultaten van de simulatie 3.4 voor de EHP woning met massieve betonnen binnenmuren zonder technieken	117
Bijlage 8: resultaten van de simulatie 3.4 voor de EHP woning met massieve betonnen binnenmuren met technieken	122
Bijlage 9: resultaten van de simulatie 3.5 voor de EHP woning met een massieve dekvloer op de eerste verdieping zonder technieken.....	127
Bijlage 10: resultaten van de simulatie 3.5 voor de EHP woning met een massieve dekvloer op de eerste verdieping met technieken.....	132
Bijlage 11: resultaten van de simulatie 3.6 voor de EHP woning met massieve binnenmuren en een massieve dekvloer op de eerste verdieping zonder technieken	137
Bijlage 13: resultaten van de simulatie 3.7 voor de traditioneel massieve gemetste woning zonder technieken	147
Bijlage 14: resultaten van de simulatie 3.7 voor de traditioneel massieve gemetste woning met technieken	152
Bijlage 15: resultaten van de simulatie 3.8 voor de EHP woning die 90° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het westen gericht zonder technieken.....	157
Bijlage 16: resultaten van de simulatie 3.8 voor de EHP woning die 90° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het westen gericht met technieken	162
Bijlage 17: resultaten van de simulatie 3.9 voor de EHP woning die 180 ° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het noorden gericht zonder technieken.....	167
Bijlage 18: resultaten van de simulatie 3.9 voor de EHP woning die 180 ° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het noorden gericht met technieken.....	172
Bijlage 19: resultaten van de simulatie 3.10 voor de EHP woning die 270° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het oosten gericht zonder technieken	177
Bijlage 20: resultaten van de simulatie 3.10 voor de EHP woning die 270° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het oosten gericht met technieken	182
Bijlage 21: resultaten van de simulatie 3.11 voor de EHP woning waarbij screens zijn aangebracht bij de ramen in het oosten, zuiden en westen zonder technieken.....	187
Bijlage 22: resultaten van de simulatie 3.11 voor de EHP woning waarbij screens zijn aangebracht bij de ramen in het oosten, zuiden en westen met technieken.....	192
Bijlage 23: resultaten van de simulatie 3.12 voor de EHP woning waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen zonder technieken	197
Bijlage 24: resultaten van de simulatie 3.12 voor de EHP woning waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen met technieken	202
Bijlage 25: resultaten van de simulatie 3.13 voor de EHP woning waarbij de ramen maximaal isoleren en 3dubbel glas geplaatst is zonder technieken.....	207
Bijlage 26: resultaten van de simulatie 3.13 voor de EHP woning waarbij de ramen maximaal isoleren en drievoudig glas geplaatst is met technieken.....	212

Bijlage 27: resultaten van de simulatie 3.14 voor de EHP woning waarbij aan de noordkant de ramen maximaal isoleren, drievoudig glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen zonder technieken	217
Bijlage 28: resultaten van de simulatie 3.14 voor de EHP woning waarbij aan de noordkant de ramen maximaal isoleren, drievoudig glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen met technieken	222
Bijlage 29: resultaten van de simulatie 3.15 voor de EHP woning waarbij alle ramen maximaal isoleren, drievoudig glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen zonder technieken	227
Bijlage 30: resultaten van de simulatie 3.15 voor de EHP woning waarbij alle ramen maximaal isoleren, drievoudig glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen met technieken	232
Bijlage 31: resultaten van de simulatie 3.16 voor de EHP woning waarbij bomen in geplaatst zijn in het zuiden en oosten die de woning beschaduwen zonder technieken.....	237
Bijlage 32: resultaten van de simulatie 3.16 voor de EHP woning waarbij bomen in geplaatst zijn in het zuiden en oosten die de woning beschaduwen met technieken.....	242
Bijlage 33: resultaten van de simulatie 3.17 EHP woning waarbij screens zijn aangebracht en zonwerende isolerende dubbele beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het oosten, zuiden en westen en waarbij zeer isolerende drievoudige beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het zuiden zonder technieken.....	247
Bijlage 34: resultaten van de simulatie 3.17 EHP woning waarbij screens zijn aangebracht en zonwerende isolerende dubbele beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het oosten, zuiden en westen en waarbij zeer isolerende drievoudige beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het noorden met technieken	252

1. LITERATUURONDERZOEK

1.1 VANWAAR KOMT OVERVERHITTING BIJ EEN GEBOUW GEBOUWD MET ECOHOMEPANEL?

1.1.1 Ecohomepanel, What's in a name?

“Ecohomepanel, een Belgisch innoverend bouwsysteem om vandaag reeds zonder extra kosten te bouwen met de isolatienormen van BEN 2020. Onze zelfdragende elementen maken komaf met bouwknoppunten en koudebruggen en voldoen aan alle hedendaagse eisen in de woningbouw. De bouwpanelen zorgen voor een snel en droog bouwproces waarvan de wanddikte beperkt blijft wat dus resulteert in oppervlakte winst.” (www.ecohomepanel.com)

Deze bachelorproef behandelt één specifieke SIPS, de Ecohomepanel, een zelfdragend sandwichpaneel opgebouwd uit hard zelfdovend polyisocyaanaat(PIR)schuim met hoge dichtheid (40 kg/m^3) en een hoog isolerend vermogen (U tot $0.13 \text{ W/m}^2\text{K}$), aan beide zijden bekleed met een cementvezelplaat van 12 mm met lage hygrische beweging, minerale vulstoffen en organische versterkingsvezels, hoge sterkte en goede weerstand tegen accidentele schokken en is sterk brandwerend. Deze combinatie zorgt voor een hoge dimensionale stabiliteit. De panelen zijn voorzien van een tand en groef gecombineerd met een sluitsysteem met haak en as. Deze combinatie zorgt voor een luchtdichte verbinding. Bij het bouwen met EHP zorgt luchtdichtheid voor quasi geen meerwerken.

Ook op economisch vlak steekt EHP met kop en schouders uit boven andere bouwsystemen. Door de korte montagetijd en het ontbreken van bouwvocht wordt veel tijd en geld gespaard.

Door de hoge isolatiewaarde met beperkte dikte komt extra binnenruimte voorhanden (tot 8% extra binnenruimte op eenzelfde oppervlakte) én bekomt men een betaalbare lage energie en passieve constructie wat ook zorgt voor minder stookkosten.

Constructief zijn minder materialen nodig, het is een lichtere constructie in vergelijking met bijvoorbeeld het traditioneel bouwen waardoor een lichtere fundering volstaat.

Voor een budgetprijs is een rekentool beschikbaar die verkrijgbaar is bij Ecohomepanel op aanvraag.

	Ecohomepanel	Massief passief	Houtskelet passief
Kostprijs afgewerkte buitenmuur	261 €/m ²	295 €/m ²	335 €/m ²
Woning: 360 m² buitenmuur	93.960 €	106.200 €	120.600 €
Kostprijs afgewerkte binnenmuur	138 €/m ²	202 €/m ²	164 €/m ²
Woning: 137 m² binnenmuren	18.906 €	27.674 €	22.468 €

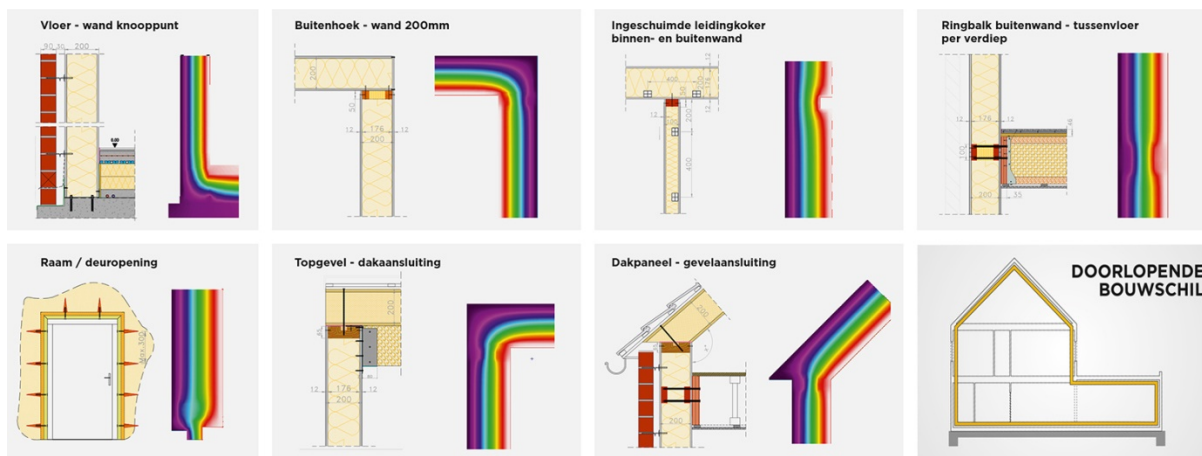


Figuur 1: Ecohomepanel 10 cm



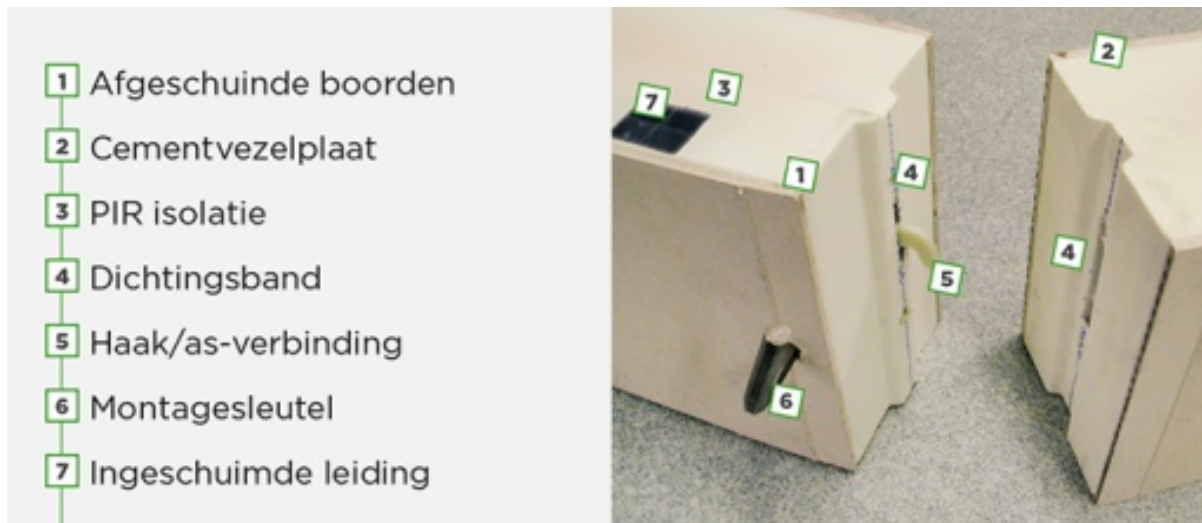
Figuur 2: Werf Ecohomepanel

Het systeem bestaat voor een groot deel uit isolatiemateriaal. Bij het aansluitend plaatsen van de panelen wordt een gesloten isolatieschil bekomen. Zo wordt komaf gemaakt met lineaire koudebruggen en wordt voldaan aan de hedendaagse eisen in de woningbouw. Bouwknopen zijn hierdoor goed opgebouwd waardoor deze EPB aanvaard zijn.



Figuur 3: Bouwknopen bij Ecohomepanel (www.ecohomepanel.com)

Ecohomepanel is opgebouwd uit PIR-schuim en aan beide zijden bekleed met een cementvezelplaat. Deze twee materialen hechten zich bij de productie van het paneel zonder het toevoegen van extra kleefstoffen muurvast aan elkaar. Ecohomepanel wordt vervaardigd in verschillende diktes. De keuze van de dikte is afhankelijk van de toepassing. Zo wordt voor de buitenwanden van een passieve woning gekozen voor EHP200: 200mm. Binnenwanden worden in EHP100 of EHP80 uitgevoerd.



Figuur 4: Samenstelling en montageonderdelen van Ecohomepanel (www.ecohomepanel.com)

De cementvezelplaat, Hydropanel, is van het bedrijf Siniat, waaronder alle gipsactiviteiten van Etex in Europa resulteren. De commercialisatie en technische ondersteuning van de Hydropanel afbouwplaat neemt Siniat voor haar rekening.

Door de unieke vezelcement-productsamenstelling van Hydropanel worden de hoogste eisen inzake schokbestendigheid, geluidsisolatie, brandwerendheid en waterbestendigheid beantwoord. Hydropanel is een hoogwaardig, compleet systeem voor de droge afbouw.

Voordelen van Hydropanel

Waterbestendig en waterdicht (volgens NBN 492)	Bestendig tegen vele levende organismen (schimmels, bacteriën, insecten, ongedierte etc.)
Dampopen	Brandveilig (niet-ontvlambaar, niet-brandverspreidend)
Hoge sterkte en goede weerstand tegen accidentele schokken	Bijdrage tot de stijfheid (schranskweerstand) van constructies
Bestendig tegen uiteenlopende temperaturen	Geluidsisolerend
Bestendig tegen vele chemicaliën	Milieuvriendelijk, geen emissie van schadelijke gassen

Eigenschappen van Hydropanel

Samenstelling	- portlandcement - minerale vulstoffen - organische versterkingsvezels - functionele toeslagstoffen
Productiemethode	Wordt geproduceerd op een Hatchek-machine en worden geautoclaveerd, gekantrecht en gec calibreerd. Kanten kunnen worden afgeschuind
Kleur	Beige
Densiteit	1180 kg/m ³
Thermische geleidbaarheid λ	0,19 W/mK
Afmetingen	Dikte 12 mm Breedte max 1200 mm of een veelvoud van 300 mm Lengte max 3000 mm – andere lengte op aanvraag
Brandreactieklasse	A2-s1-d0
Gewicht per m²	12 mm : 17 kg

Het PIR schuim (polyisocyanuraat) wordt ter plaatse, in de productiehal van Isobar nv., onder hoge druk tussen de cementvezelplaten gespoten. Dit gebeurt in een mal die verschillende dimensies kan aannemen.

Ecohomepanel gebruikt gemodificeerd PUR+, wat de eigenschappen heeft van PIR.

Eigenschappen van de isolatie

Densiteit	40 kg/m ³
Thermische geleidbaarheid λ	0,023 W/mK
Temperatuurbestendigheid	-40 °C tot + 70 °C
Dimensionale stabiliteit	Dikte: 0 / breedte: 0 / lengte: 0 (7d, -20°C) Dikte: -0,2 / breedte: -0,5 / lengte: -0,5 (7d, 80°C)
Samendrukkingsweerstand	236 kPa
Waterabsorptie lange termijn WL(T)2	< 2 %
Invloer op binnenluchtkaliteit	De EHP isolatie is conform ISO16000 en testen hebben uitgewezen dat isolatie geen invloed heeft op de luchtkwaliteit en zonder voorbehoud kan toegepast worden in woningbouw.

PUR en PIR zijn beide gemaakt op basis van petrochemische grondstoffen. Het verschil zit vooral in de prestaties. PIR is namelijk een 'verbeterde versie' van PUR. PIR verschilt van PUR door een hogere isolatiewaarde en een grotere brandveiligheid (vooral op het gebied van ontwikkeling van rookgassen). Daarnaast biedt PIR een betere dimensionale stabiliteit en een verhoogde drukvastheid.

PIR isolatie is verkrijgbaar in de vorm van isolatieplaten en wordt gebruikt als thermische isolatie voor diverse onderdelen van de woning: hellende daken, vloeren, spouwmuren, platte daken. Deze isolatie is vooral nuttig daar waar weinig plaats is en toch een hoge warmteweerstand nodig is.

Net zoals PIR kan PUR isolatie in platen aangeleverd worden. Omwille van de brandtechnische verbetering wordt bij renovaties echter vooral voor PIR geopteerd. PUR wordt meestal gebruikt in schuimvorm, bijvoorbeeld bij vloerisolatie, voor het navullen van spouwmuren of om gaten en kieren af te dichten bij andere isolatiematerialen. (Renofficebvba, 2014)

Aan de hand van resultaten van testen die uitgevoerd werden door het WTCB kunnen volgende kenmerken toegewezen worden aan het product.

Algemene kenmerken Ecohomepanel

Geteste waarde verticale belasting	Ruim boven de vereiste waarde van 76 kN/m
Geteste waarde afscheuren	Ruim boven de vereiste waarde van 15 kN/m
Brandreactieklasse	B-s1-d0
Luchtdichtheid na afwerking	$\leq 0,5 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ bij 50 Pa



Figuur 5: Belastingstest WTCB (www.ecohomepanel.com)

Voor een standaard opbouw heeft Ecohomepanel een brandweerstand van ca. 54 minuten. Voor woningscheidende wanden voorziet het EHP bouwsysteem een dubbele EHP wandopbouw met minerale wol als bufferisolatie voor extra brandweerstand en akoestische isolatie. Wanneer op beide buitenzijden een tweede cementvezelplaat wordt geschroefd, kan een brandweerstand van meer dan 120 minuten (EI120) bereikt worden.

Brandweerstand:

Product	Brandweerstand
Ecohomepanel standaard 100mm	54 minuten
1 extra vezelcementplaat of gipsplaat per zijde	+ 30 minuten (EI60)



Figuur 7: Test brandweerstand (www.ecohomepanel.com)

Op vlak van geluidsisolatie werden in de labo's van het WTCB in Limellette (B) geluidstesten uitgevoerd op een Ecohomepanel sandwichpaneel van 100 mm dikte (als binnenwand).

Het omvat een oriënterende test met als resultaat: $R_w = 35,0 \text{ dB}$

Deze waarde komt overeen met de akoestische waarde van een bepleisterde snelbouwsteen.

1.1.2 Systeembouw (prefab bouw)

Ecohomepanel bezit veel voordelen van de groep van systeembouw. Het principe van systeembouw is dat de volledige woning in de fabriek gemaakt wordt en op de werf in een mum van tijd in elkaar wordt gezet. Weersverlet tijdens het bouwen is uitgesloten. Bijkomend voordeel is dat er veel minder kans is op uitvoeringsfouten. Maar de belangrijkste troef is wellicht de bouwsnelheid. Veertien dagen na de eerste spadesteek kunnen de pannen al op het dak. (Livios, 2016)

Een systeembouwwoning en dus ook een EHP woning is in minder dan een half jaar bewoonbaar. Daarom zijn de loonkosten in verhouding tot de materiaalkosten bij deze bouwmethode een stuk lager dan bij de traditionele woningbouw, alsook de materiaalkosten.



Figuur 8: Prefab metselwerk (artcrete.nl)



Figuur 9: Bouwen met Ecohomepanel (www.ecohomepanel.com)

Voordelen van systeembouw en bouwen met EHP zijn o.a.:

het uitvoeringsgemak: aan de hand van een overzichtelijk bouwplan is het zeer duidelijk om de woning stap voor stap op te bouwen. Genummerde panelen die in de goede volgorde gestapeld werden maken het werk nog eenvoudiger

rationalisatie van het vervoer en minder leveringen van grondstoffen

beperking van de bouwplaatshinder en de eraan verbonden kosten (geluidsoverlast, stofhinder, belemmering van de rijweg,...)

een goede coördinatie en beheer van de bouwplaats, invloed op de snelheid en de kost van de uitvoering

een beter beheer van het bouwafval

eenvoudigere bouwknopen

aanzienlijk minder verbruik van water

eventuele mogelijkheid van demontage gevolgd door hergebruik of sortering voor valorisatie

betere controle op luchtdichtheid

1.1.3 Vanwaar oververhitting?

Meer en meer wordt er gekozen om te bouwen met lichte constructies zoals houtstructuren of geprefabriceerde sandwichpanelen zoals EHP. Bij deze lichte constructies kan doorgaans vlot een degelijk pakket aan isolatie voorzien worden. Hierdoor behalen ze gemakkelijk de isolatie-eis of het K-peil waaraan een BEN woning moet voldoen.

Vandaag BEN-bouwen is een slimme keuze. De extra investering in energiebesparende maatregelen en hernieuwbare energie betaalt zichzelf terug door een lage energiefactuur. Voor BEN-woningen bestaan stevige premies, een korting op onroerende voorheffing en bij sommige banken een extra voordelig BEN-krediet.

Het grote isolatiepakket mag niet nadelig werken voor het comfort in de zomer. De combinatie van de lichte constructie die weinig inertie bezit en het pakket aan isolatie zorgen er in de zomer voor dat de temperatuur vlog oploopt wat discomfort veroorzaakt. Mits het toepassen van enkele ingrepen tegen oververhitting blijft de binnentemperatuur comfortabel. Deze ingrepen worden verder in deze bachelorproef behandeld.

Een BEN woning, een bijna energie neutrale woning, is een woning die beantwoordt aan het BEN niveau. Dit BEN niveau legde de Vlaamse Regering definitief vast op 29 november 2013, namelijk: (www.energiesparen.be/BEN)



E peil ≤ 30 (energieprestatie)	Netto energiebehoefte ≤ 70 kWh/m ²
K peil ≤ 40 (isolatie-eis)	Constructiedelen voldoen aan U_{max} -eisen
Oververhittingsindicator < 6500 Kh (vergunning vanaf 1/1/2014) < 17500 Kh (vergunning voor 1/1/2014)	Ventilatievoorziening als vermeld in bijlage IX van het Energiebesluit van 19 november 2010.
In een BEN wooneenheid moeten één van de zes maatregelen toegepast worden over hernieuwbare energiesystemen zoals opgenomen in artikel 9.1.12/2 van het Energiebesluit van 19 november 2010. Een andere manier om aan dit besluit te voldoen is door 10 kWh hernieuwbare energie per m ² bruikbare vloeroppervlakte te produceren door een combinatie van één of meerdere van bovenstaande (versoepelde) maatregelen.	

In de "Praktische gids voor jouw BEN woning" (www.energiesparen.be/BEN) beschrijft men een mythe: 'BEN woningen raken oververhit'.

"Het klopt dat je bij bijzonder geïsoleerde woningen alerter moet zijn voor (overdreven) warmtewinst dan voor warmteverlies. Door de goede isolatie blijft de warmte binnen hangen. Tegelijk neemt die toe door de aanwezigheid van mensen, zonlicht of door bijvoorbeeld te koken. Maar je BEN woning raakt niet oververhit als je voldoende aandacht besteedt aan je zonwering en de locatie van je ramen. Of als je voor nachtelijke ventilatie kiest."

Om energiezuinig te bouwen mag je niet enkel kijken naar 1 component nl. het beperken van de energievraag voor verwarming. Er moet rekening gehouden worden met alle componenten van onderstaande formule om het energieverbruik te bepalen.

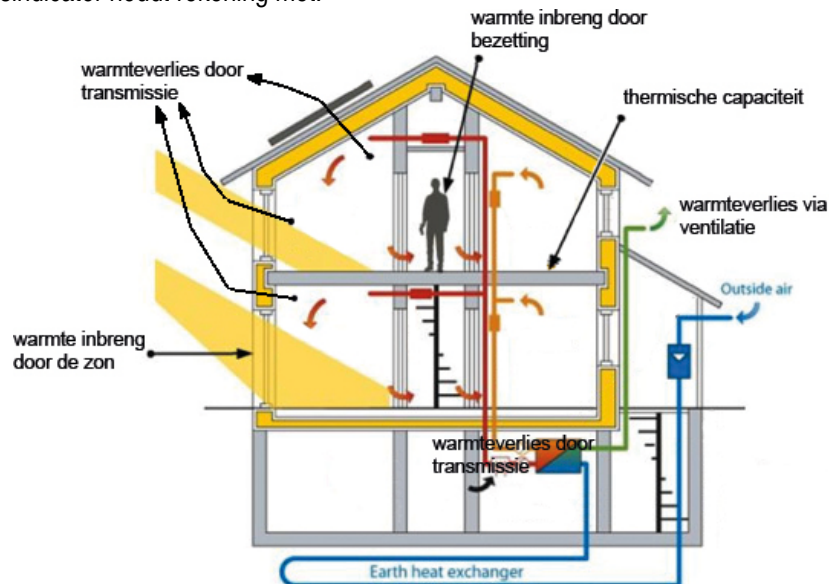
$$\text{Energieverbruik} = \frac{\text{energievraag verwarming}}{\text{opwek.rend} \times \text{syst.rend}} + \frac{\text{energievraag koeling}}{\text{opwek.rend} \times \text{syst.rend}} + \frac{\text{energievraag warm water}}{\text{opwek.rend} \times \text{syst.rend}} + \frac{\text{energievraag ventilatie}}{\text{opwek.rend} \times \text{syst.rend}} + \frac{\text{energievraag hulpenergie}}{\text{opwek.rend} \times \text{syst.rend}}$$

Figuur 10: Formule voor het bepalen van het energieverbruik (www.energiesparen.be/BEN)

1.1.4 Oververhitting en EPB

Voor individuele woningen (nieuwbouw of gelijkgestelde woningen) moet de oververhittingsfactor worden berekend voor de EPB-eenheid die het meest aan oververhitting is blootgesteld. De berekening kan gemakkelijk gebeuren met de "EPB-software".

De oververhittingsindicator houdt rekening met:



Figuur 11: Overzicht van factoren met invloed op oververhittingsindicator
(Inspirerend wonen, 2013)

U dient in de EPB-software parameters in te geven zoals volume, de warmtevraag, de kenmerken van de wanden, de dikte van de isolatie, de g- en U-waarden van de beglazing, enz., om de oververhittingsfactor te berekenen.

De oververhittingsfactor kan een aanzienlijke impact hebben op het E-peil van de EPB-eenheid. Voor een individuele woning houdt het E-peil vanaf een oververhittingsfactor van 8.000 Kh rekening met het elektriciteitsverbruik voor de actieve koeling zelf, ook al hebt u geen airconditioning voorzien of geïnstalleerd. Dat verbruik zal het E-peil van de EPB-eenheid aantasten. Het E-peil wordt vermeld op het energieprestatie-certificaat. Er wordt daarom sterk aangeraden om onder het niveau van 8.000 Kh te blijven.

Indien een woning niet voldoet aan de limietwaarde voor de oververhittingsfactor, kan een boete worden opgelegd. Die boete zal in verhouding zijn tot het verschil tussen het vereiste niveau en het werkelijk bereikte niveau aan het einde van de werkzaamheden.

Het E-peil houdt hierbij rekening met de netto koelbehoeften, om de energie te berekenen die nodig is voor die koeling. Die behoeften, die representatief zijn voor het risico op oververhitting, hangen af van de interne winst, de zonnewinst, het ventilatieverlies en het transmissieverlies. Indien er daadwerkelijk koelinstallaties aanwezig zijn, wordt het E-peil nog meer aangetast want een factor van 1,5 wordt toegepast op de koelbehoeften.

Kortom, indien de koelbehoeften toenemen, stijgt het E-peil van de EPB-eenheid. Maar indien een actief koelsysteem is geïnstalleerd, dan zal de stijging van het E-peil nog groter zijn. Dit ongunstige E-peil zal ook worden vermeld op het energiecertificaat van uw EPB-eenheid, dat wordt uitgereikt na voltooiing van de werkzaamheden. (Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2010)

1.1.5 Thermisch comfort / Zomercomfort

Comfort is een heel ruim begrip. Het gaat over zich goed voelen in de woning, voldoende warm water, aangenaam koel in de zomer, warm genoeg in de winter, geen geluidsoverlast van de buitenomgeving, ... In alle rust en zonder hinder van de buren volop van je eigen plek genieten. Niet alleen vandaag, maar ook morgen wanneer men minder mobiel wordt of wanneer de gezinssituatie verandert.

Zomercomfort is een kritisch punt voor een EHP gebouw. Thermisch comfort is waarschijnlijk een van de eerste elementen waaraan we denken bij zomercomfort. Architecten en studie bureaus trachten bij hun ontwerp een goed binnenklimaat te creëren, een gevoel van warmte in de winter en het verhinderen van oververhitting in de zomer.

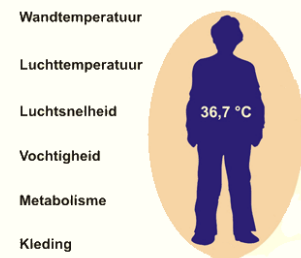
Doordat een EHP woning zo goed geïsoleerd is om de winter te kunnen doorstaan, met zo weinig mogelijk toevoeging van energie, ontstaat een belangrijk aandachtspunt voor de zomersituatie. Eens de woning opgewarmd is koelt ze minder snel weer af, ten opzichte van een slecht geïsoleerde woning.

Een andere bepalende factor is de beglazing. Om in de winter veel zonnearmte in de woning te kunnen binnenlaten, zijn de vensters naar de zon georiënteerd en wordt er glas gebruikt dat veel stralingswarmte genereert. Het glas heeft een hoge zontoetredingsfactor. Dat is dus eigenlijk het omgekeerde van zonwerend glas. In een warme zomerperiode zal de woning via de beglazing ook warmte binnen laten in een periode waar dat eigenlijk vermeden zou moeten worden. Zonwering is in een EHP gebouw om die reden absoluut noodzakelijk. Maar ook de thermische inertie binnenin de isolerende mantel is van groot belang, zoals verderop zal blijken.

Parameters die het thermisch comfort beïnvloeden

Thermisch comfort is veel meer dan een constante temperatuur op de thermometer van 21°C in de woning, maar het is wel de belangrijkste van enkele indicatoren van thermisch comfort.

De criteria voor comfort die bij architecturaal design het vaakst gebruikt worden, gaan terug op het werk van Fanger. Hij heeft een theorie ontwikkeld waarbij het thermisch comfort afhankelijk is van zes parameters:



Figuur 12: Parameters thermisch comfort

Het <i>metabolisme</i> : de productie van interne warmte in het menselijk lichaam. Wanneer een persoon in beweging is, komt er, naast het basismetabolisme van een lichaam in rust, ook een werkmetabolisme dat overeenkomt met zijn specifieke activiteit. Eenheid: MET	<i>Relatieve luchtvochtigheid</i> (RV): de verhouding tussen de hoeveelheid water in de lucht bij de luchttemperatuur T_l en de maximale hoeveelheid water die bij dezelfde temperatuur aanwezig kan zijn als de lucht verzadigd is. Eenheid: (%)
<i>Kleding</i> : thermische weerstand voor de warmteverschillen tussen het huidoppervlak en de omgeving. Eenheid: CLO	De <i>luchtsnelheid</i> : deze parameter beïnvloedt de warmte-uitwisseling door convectie. Eenheid: meter per seconde (m/s)
<i>Luchttemperatuur</i> (T) Eenheid: graden Celcius (°C)	De <i>temperatuur van de wanden</i> (T_w) Eenheid: graden Celcius (°C)

Bij het ontwerpen moet de architect stil staan bij de manier waarop het project een invloed uitoefent op de verschillende elementen die meespelen in het gevoel van thermisch comfort zoals hierboven beschreven. Hij moet ook rekening houden met het type gebruiker en de activiteiten die er in het gebouw plaatsvinden.

Op basis van de theorie van Fanger en van onderzoek in ruimtes met airconditioning, werden criteria voor comfort vastgelegd, die PPD en PMV genoemd werden.

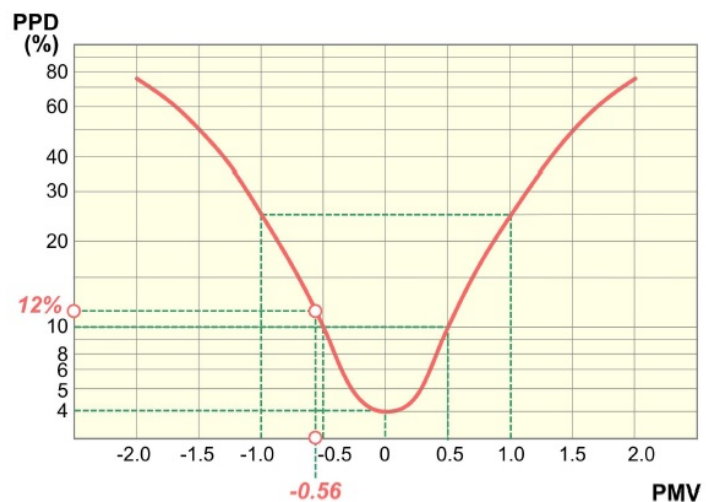
De voorspelde gemiddelde waardering (PMV - Predicted Mean Vote) is een evaluatie op basis van statistische berekeningen van de gemiddelde mening, uitgedrukt door een grote groep personen over het gevoel van thermisch comfort, waarbij de volgende schaal wordt gebruikt:

+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
warm	lauw	Weinig lauw	neutraal	Weinig koel	koel	koud

Een PMV van nul betekent een optimaal thermisch comfort. Een negatief PMV betekent dat de temperatuur lager ingeschat wordt dan de ideale temperatuur, die een optimaal gevoel van comfort zou geven met het oog op de luchtstromen, de straling van de wanden van de ruimte, enz. Omgekeerd betekent een positief PMV dat de luchttemperatuur hoger ligt dan wat als comfortabel aanvoeld wordt. Men gaat ervan uit dat thermisch comfort zich bevindt tussen het aanvoelen van een lichte koelte tot het aanvoelen van een lichte warmte, met andere woorden van -1 tot +1.

Bij een gegeven PMV in een precieze thermische situatie, geeft het PPD (Predicted Percentage Dissatisfied) het percentage van ontevreden personen aan. Het is dus een andere manier om hetzelfde resultaat uit te drukken.

Wanneer we het PMV kennen, kunnen we op de figuur hiernaast onmiddellijk het PPD aflezen. Als het PMV bijvoorbeeld -1 of +1 bedraagt, toont het PPD aan dat bijna 25% van de bevolking waarschijnlijk niet tevreden zal zijn. Om een PPD van maximaal bijvoorbeeld 10% te behalen, moet het PMV zich bevinden tussen -0,5 en +0,5. Ten slotte kunnen we vaststellen dat er bij een PMV van 0, dus bij een optimaal thermisch comfort, nog steeds 4% ontevredenen is.

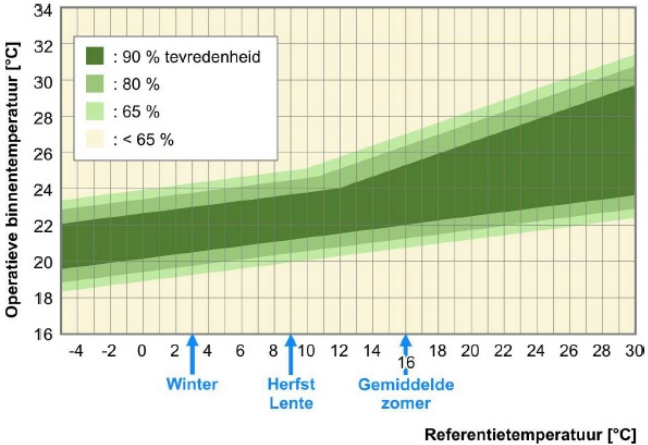


Figuur 13: Grafiek verhouding PPD en PMV (Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2007)

(Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2007)

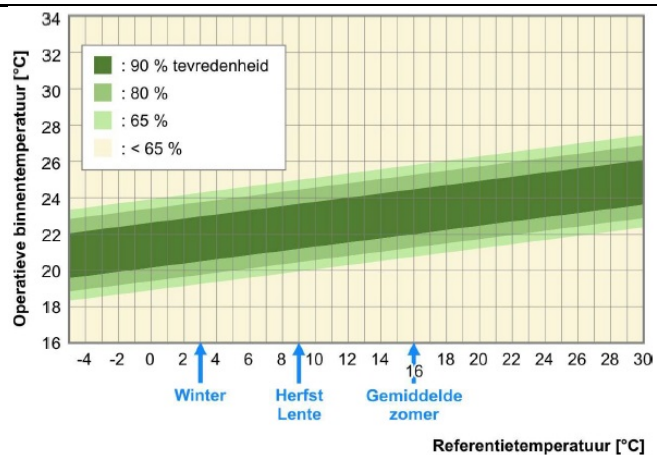
De theorieën van het "adaptief" comfort

De theorie van het adaptief comfort onderscheidt zich van die van Fanger door de twee volgende aspecten erbij te betrekken. De aanpassing aan:

Het weer	De mogelijkheid tot interactie
<p>De situatie die door de gebruiker v/e gebouw als comfortabel aan gevoeld wordt, verandert onder invloed van lichamelijke ervaring (acclimatisatie)</p> <p><i>Op het vlak van gedrag:</i> Hier gaat het om alle bewuste en onbewuste wijzigingen van het gedrag als reactie op een aangevoelde situatie: verandering van kleding, van positie, drinken van warme of koude dranken, verplaatsing naar een andere plaats. Hier kan men ook melding maken van technologische wijzigingen zoals het openen of sluiten van vensters, het aanzetten van een verwarming, of culturele wijzigingen zoals een ander uurrooster (de befaamde mediterrane siësta), kledingcodes of andere. Anderzijds maakt de anticipatie op een bepaald klimaat toleranter. Bij de voorspelling van een hittegolf overdag kan men 's morgens reeds zijn kleding aanpassen.</p> <p><i>Op fysiologisch vlak:</i> Na verloop van enkele dagen of weken kan men een gewijzigde reactie van het lichaam vaststellen ten opzichte van eenzelfde buitenomgeving. Zo verandert bijvoorbeeld de temperatuur van de huid of het metabolisme om zich te beschermen tegen de koude. In de zomer verhoogt de capaciteit van transpiratie, evenals het transpirerende oppervlakte van het lichaam. Ook de snelheid van het hart kan afnemen.</p>	<p>De situatie die door de gebruiker v/e gebouw als comfortabel aan gevoeld wordt, verandert onder invloed van zijn verwachtingen (gewoonte)</p> <p>Klasse A "heel comfortabel": het binnenklimaat van een ruimte blijft altijd tussen de lijnen die minstens 90% tevredenheid uitdrukken</p> <p>Klasse B "comfortabel": het binnenklimaat van een ruimte blijft altijd tussen de lijnen die minstens 80% tevredenheid uitdrukken</p> <p>Klasse C "oncomfortabel": het binnenklimaat van een ruimte blijft altijd tussen de lijnen die minstens 65% tevredenheid uitdrukken;</p> <p>Klasse D "heel oncomfortabel": het kan voorkomen dat het binnenklimaat door meer dan 35% van de gebruikers als oncomfortabel wordt aangevoeld</p>  <p>Figuur 14: Comfortmarges als de gebruiker zijn omgeving kan beïnvloeden (Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2007)</p>

Op psychologisch vlak:

Psychologen hebben aangetoond dat de hinderlijke toestanden, zoals oververhitting, als minder oncomfortabel waargenomen worden indien de persoon daarop controle heeft of denkt te hebben. Het argument kan ook omgekeerd worden: als de gebruiker geen enkele controle heeft op zijn omgeving, zoals in bepaalde systemen met airconditioning, toont hij zich uiterst onverdraagzaam bij het kleinste verschil in zijn niveau van comfort. Anderzijds zorgt de anticipatie op een bepaald klimaat ervoor dat mensen verdraagzamer staan ten opzichte van extreme omstandigheden. Het lijkt erop dat een verrassingseffect bij veranderende weersomstandigheden slechter beleefd wordt dan een voorspelde wijziging.



Figuur 15: Comfortmarges als de gebruiker zijn omgeving niet kan beïnvloeden (Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2007)

Milieuaspecten

Achter het gevoel van comfort schuilt de manier waarop de installatie geregeld wordt. Afhankelijk van zijn gevoelens en specifieke situatie in de ruimte waarin hij zich bevindt, moet de gebruiker zelf de omstandigheden die hij als comfortabel aanvoelt, kunnen vastleggen aan de hand van het regelsysteem.

Een verandering van 1 °C van de kamertemperatuur in vergelijking met een aanbeveling van 20 °C wanneer er moet worden verwarmd, leidt tot een verschil in verbruik van minstens 7%. De hier beschreven redenering heeft dus mogelijk een aanzienlijke invloed op het milieu.

Aanbevelingen tot het optimaliseren van thermisch comfort

Een *koudestrategie* bepalen: zonwering aanbrengen, mogelijkheid tot 's nachts intensief verluchten, voldoende thermische massa voorzien, enz.

Een *warmtestrategie* bepalen: zonnewarmte opvangen, die warmte bewaren dankzij een goede isolatie en een thermische massa, enz.

Minstens één ruimte voorzien die bescherming biedt bij hitte

Rekening houden met het type gebruiker en activiteit

Bij nieuwbouw: koude wanden vermijden door een goede isolatie en de keuze van goede beglazing

In elke ruimte de mogelijkheid voorzien om vensters te openen

De thermische installaties zo goed mogelijk dimensioneren

De ventilatie zo ontwerpen dat oncomfortabele luchtstromen vermeden worden: de ventilatoren hoog genoeg plaatsen, juist gedimensioneerd, eventueel met warmteterugwinning.

De verwarming en eventuele airconditioning moeten zo kunnen worden geregeld dat de gebruiker een beduidende speelruimte heeft om het binnenklimaat aan zijn voorkeur aan te passen

Koudebruggen vermijden

Zorgen voor een goede uitvoering van de luchtdichtheid

De gebruiker de werking van de instrumenten voor de temperatuurregeling uitleggen en informeren over de verschillende parameters die een invloed hebben op het comfort

(Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2007)

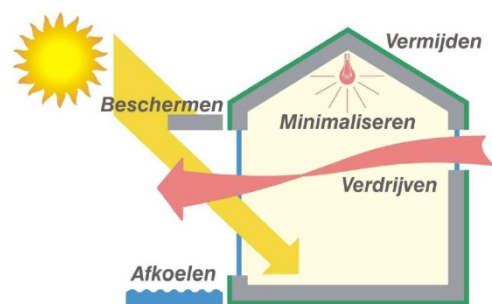
1.2 WELKE INGEPEN KUNNEN GENOMEN WORDEN OM OVERVERHITTING TE VERHINDEREN?

De terugkerende hittegolven van de afgelopen jaren hebben ervoor gezorgd dat het zomercomfort een belangrijk aspect is in elk architecturaal concept. Bij het ontwikkelen van een koudestrategie proberen we een gegarandeerd zomercomfort te ontwikkelen met een zo laag mogelijk energieverbruik. Dit minimaal thermisch comfort werd bepaald op basis van de oververhittingsindicator zoals beschreven in de ordonnantie betreffende de energieprestatie en het binnenklimaat van gebouwen. Systematisch een beroep doen op klimaatregeling leidt niet altijd tot comfort, maar wel tot een aanzienlijk energieverbruik.

Het is de bedoeling dat er zo weinig mogelijk energie verbruikt wordt om de gewenste afkoeling te verkrijgen. Simpele ingrepen, kleine aanpassingen in het ontwerp of meer doordachte keuzes in een vroeg stadium van het bouwproces leiden vaak tot het vermijden of beperken van het gebruik van airconditioning.

De concepten die meespelen in een koudestrategie zijn de volgende:

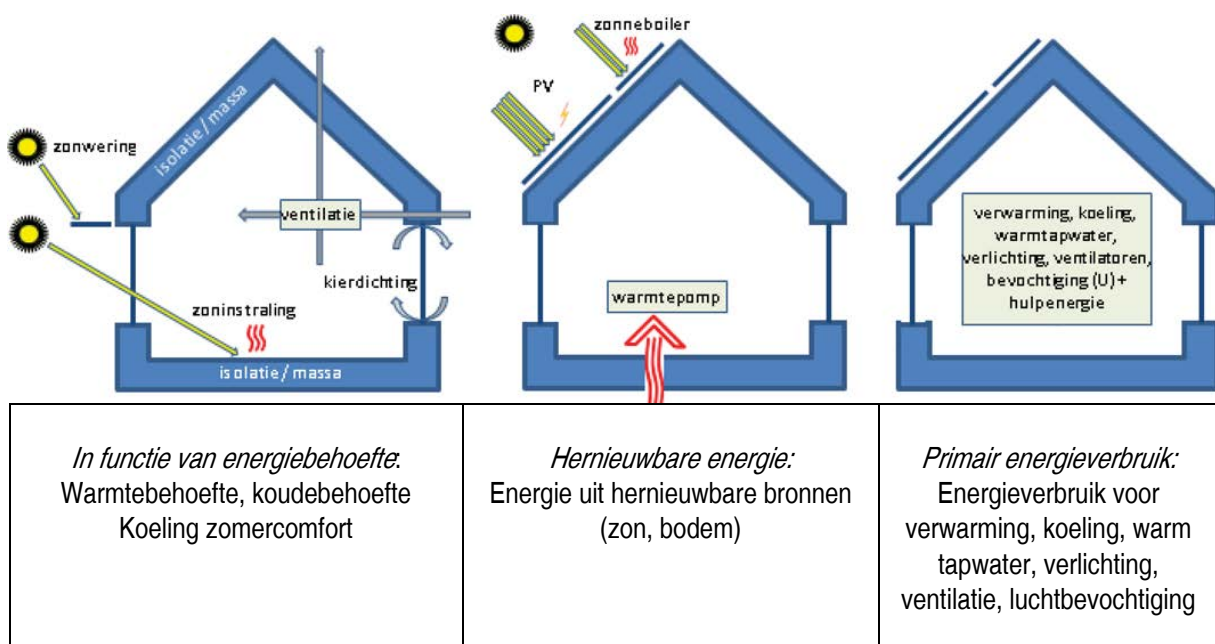
- De nood aan koude beperken door de zonneprestatie en de warmteoverlast aan de binnenzijde te beperken.
- Natuurlijke afkoeling van de lokalen door een intensieve luchtverversing en een aanzienlijke thermische inertie.
- Een beredeneerd gebruik van een eventueel koelsysteem door een goed concept en een goede regeling.



Figuur 16: Een koudestrategie ontwikkelen (Brussels instituut voor milieubeheer, 2010)

Om dit zomercomfort te bereiken zijn meerdere ingrepen mogelijk.

Hieronder vindt u een opsomming, verder worden deze stuk voor stuk toegelicht.



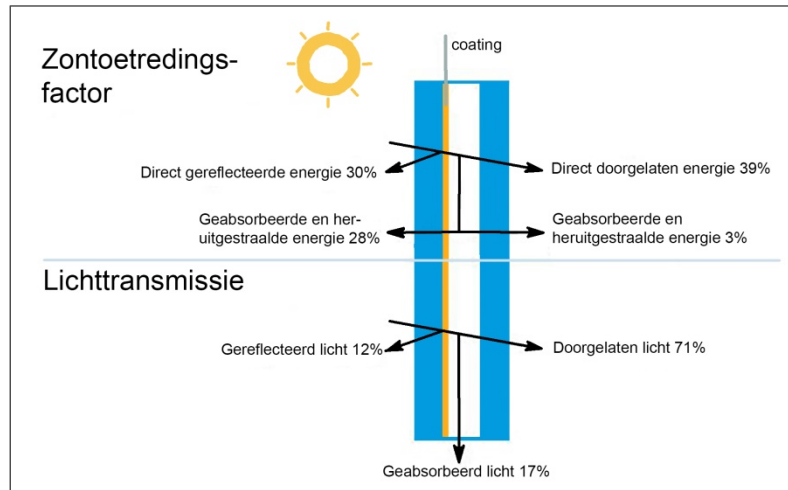
(Nieboer, Nuiten, Donze, & Hoiting, 2015)

1.2.1 Een efficiënte zonwering

Als definitie kan gesteld worden:

“het binnenkomend zonlicht tijdens de zomer beperken en profiteren van de warmte tijdens de winter”.

(Beertens - Schoofs, 2016) Het zonlicht dat binnenkomt in een gebouw wordt voor een deel gereflecteerd en voor een groot deel geabsorbeerd en omgezet in warmte, wat een passieve vorm van energiebesparing is. Deze warmte mag dan wel het verwarmingsverbruik doen dalen, toch kan dit tijdens de zomer of vanaf het tussenseizoen leiden tot oververhitting en een danig gebrek aan comfort. Zonwering is dus een belangrijk element in de “koudestrategie”. Het is dus nodig dat

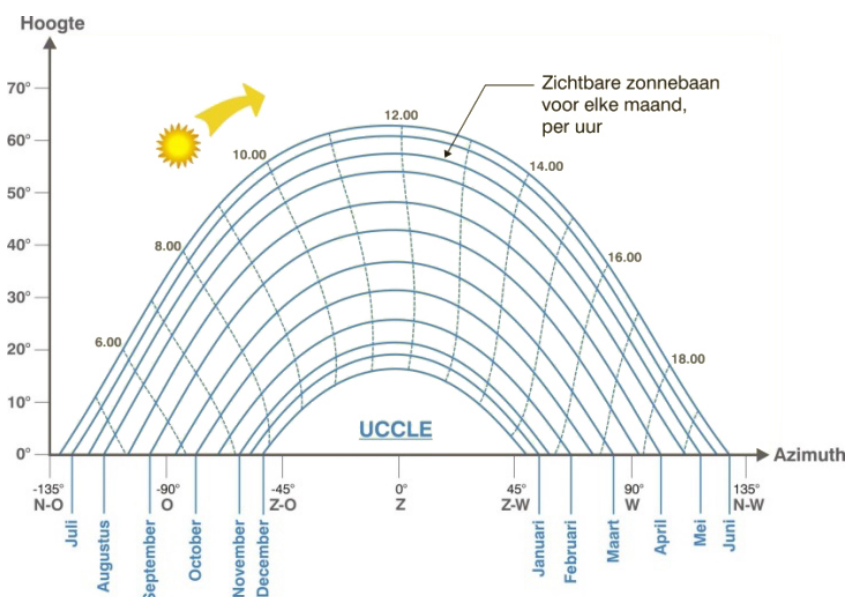


Figuur 17: Zontoetredingsfactor, lichttransmissie (Beertens - Schoofs, 2016)

schaduw gegeven wordt aan de glazen oppervlakten die oververhitting kunnen veroorzaken. Dat wil zeggen dat een volledige glazen oppervlakte in het oosten, het zuiden of het westen die meer bedraagt dan 20 % van de vloeroppervlakte van een lokaal, door middel van een systeem, aangepast aan de hoogte van de zon voor de desbetreffende oriëntering, de blootstelling van de openingen aan het zonlicht tijdens de seizoenen kunnen worden gewijzigd.

Stand van de zon

Al naargelang de datum, het uur en de oriëntatie is de blootstelling aan het zonlicht anders. Onderstaande grafiek toont de stand van de zon op elk moment van de dag, de hoogte van de zon naargelang de maand. De positie van nabijgelegen gebouwen of bomen zorgt vaak tijdens een bepaalde tijd van de dag voor schaduw.

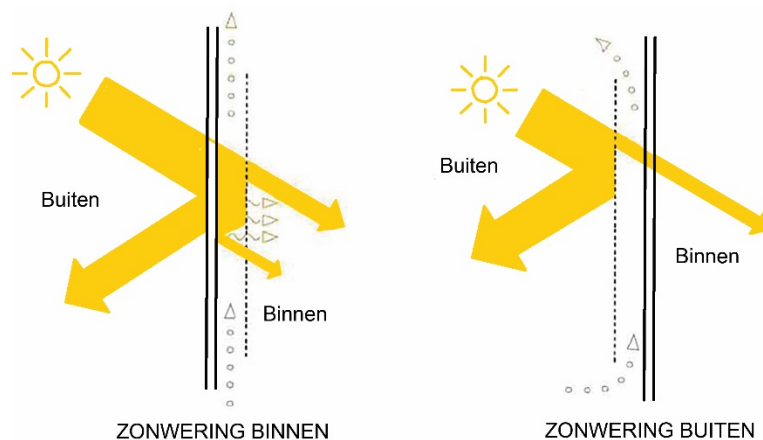


Figuur 18: Stand van de zon (Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2010)

Soorten zonwering

De belangrijkste indicator voor de efficiëntie van een zonwering is de zonnefactor g . Die geeft het deel van de invallende energie weer die werkelijk doorheen de zonwering en de beglazing gaat.

Er bestaan veel soorten zonwering, vooral buitenzonwering is interessant omdat die het opvallende licht absorbeert en omzet in warmte. Deze warmte wordt vervolgens afgegeven aan de buitenlucht. Een binnenzonwering reflecteert wel een deel van het invallende licht weer naar buiten maar een groot deel wordt in het gebouw in warmte omgezet. Daarom wordt hier niet verder op ingegaan.

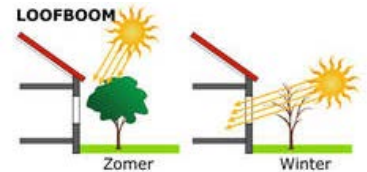


Figuur 19: Verschil tussen binnen- en buitenzonwering (Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2010)

Bij zonwering maakt men onderscheid tussen:

Binnenzonwering	Gordijnen, overgordijnen...	Weinig efficiënt, de zon kan in de ruimte binnen en de straling wordt omgezet in warmte. Wel kunnen rechtstreekse zonnestrallen op mensen hiermee worden vermeden. Ook al heeft deze zonwering geen invloed op de temperatuur, toch heeft ze een invloed op het comfort dat wordt gevoeld
Zonwerend glas	Glas met zonwerende coating	<ul style="list-style-type: none"> - Warmte buitenhouden, zonlicht binnenlaten. - De woning wordt in de zomer niet omgevormd tot een broeikas en tegelijkertijd kan je wel nog genieten van binnenvallend zonlicht. Ideaal voor ruimtes die op een zonnige dag snel opwarmen. - Dakramen krijgen meestal een krachtigere coating, dit door hun oriëntatie. - Nadeel: op koude dagen wordt de binnenkomende zonnewarmte ook beperkt. Daarom is zonwerend glas niet aangewezen voor passiehuizen en lage energiewoningen.
Buitenzonwering	Vaste zonwering Afdaken, architecturale uitsteeksels, enz	<ul style="list-style-type: none"> - Architecturaal een grote impact, moet dus al in de eerste schetsen mee worden getekend - Deze vaste zonwering zorgt voor een variabele bescherming al naargelang de stand van de zon. Een dergelijke zonwering is vooral doeltreffend in het zuiden, maar voor oriëntaties naar het oosten en naar het westen vereist de lagere zonnestand veel diepere afdaken voor een efficiënte werking Om bijvoorbeeld een venster dat naar het zuiden is gericht volledig met een afdak af te schermen wanneer de zon tijdens de langste zomerdagen zeer hoog staat, moet de diepte van dat afdak minstens evenveel bedragen als de helft van de hoogte van het venster.

	<p>Draaibare en vaste lamellen (horizontaal of verticaal), beweegbare bovenliggende zonwering</p>	<p>De horizontaal beweegbare lamellen is een veel voorkomende buitenzonwering. De lamellen kunnen over de lengterichting draaien waarmee de hoeveelheid binnenvallend licht wordt bepaald. Verticaal draaibare lamellen zijn geschikt om laag invallende zonnestraling te weren terwijl het zicht naar buiten niet teveel belemmerd wordt. De verticale lamellen zijn daardoor geschikter voor een oost- of westgevel dan voor een zuidgevel. Vaste bovenliggende zonwering is vergelijkbaar met vaste lamellen als buitenzonwering en zijn vooral geschikt voor een zuidelijke oriëntatie door de hoge instralingshoek van de zon in de zomer. Beweegbare bovenliggende zonwering kan zich aan de hoek van het invallende zonlicht aanpassen.</p>
	<p>Plantengroei</p>	<p>Beschaduwning van bomen of andere omgevings-elementen zijn nuttig om de zon op het middaguur te weren. Wanneer je kiest voor beschaduwing van ramen door bomen of struiken, dan verdienen loofbomen de voorkeur. In de zomer dragen ze hun bladeren, die als zonwerend scherm fungeren. In de winter zijn ze kaal en laten ze de winterzon wel in de woning binnenvallen. (Vanhove, 2012)</p>
<p>Mobiele zonwering</p>	<p>Buitenstores, claustra's, schuifpanelen, rolluiken, enz.</p>	<p>Deze worden gebruikt volgens de behoeften en zorgen voor een efficiënte bescherming 's zomers, terwijl ze tijdens de winter voldoende zonlicht doorlaten. De waarde van de zonnefactor is het product van de zonnefactoren van de zonwering en van de beglazing. Om het binnendringen van zonlicht in een gebouw te beperken maar toch voldoende lichtcomfort te bieden, moet men een glasoppervlakte trachten te bereiken van om en bij 20% van het grondoppervlak van ruimtes die aan de oostkant of de westkant liggen (minimale vereiste van de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening), vooral als er geen efficiënte zonwering is. Aan de zuidkant mag het beglaasde oppervlak groter zijn om te profiteren van warmte tijdens de winter, op voorwaarde dat er een uitstekende zonwering is.</p>



Figuur 20: Beschaduwing door bomen

(Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2010)

Een voorbeeld van een leverancier van screens is Copaco. Winsol koopt zijn screendoeken bij Copaco, een West-Vlaams bedrijf dat wereldwijd trendsetter is op vlak van duurzame en decoratieve zonwering en kwalitatief muggengaas. Daarvoor ging ik langs bij mr. Marc Geers, Product Manager zonwering bij Winsol. Hij lichtte me toe hoe lichttransmissiewaarden bepaald worden, hoe de calculatie-software voor screendoeken van Winsol werkt, info over de leverancier van screendoeken enz.



Op de website van Copaco screenweavers kan een geschikt screendoek gevonden worden bij “database”. Hier kan op verschillende manieren gezocht worden: op kleur, op positie (binnen of buiten) of op technische eigenschappen. Hierbij kan nog gekozen worden tussen waarden, klassen en de openheidsfactor.

Richtwijzer

Stelling...	Gevolgen op vlak van energiebesparing	Gevolgen op vlak van visueel en thermisch comfort
Hoe meer licht de beglazing doorlaat, hoe groter de lichttransmissiefactor, en...	Hoe lager het verbruik van de elektrische verlichting. Normaal geen verandering in het verwarmingsverbruik	Hoe meer natuurlijke verlichting. Aangenamer contact met buiten. Groter risico op verblinding indien geen zonwering voorzien is.
Hoe meer de beglazing isoleert, hoe lager de energiefactor zal zijn en...	Hoe minder warmteverlies via het glasoppervlak tijdens de winter. Hoe warmer de beglazing aan de binnenkant Hoe minder de binnentemperatuur zal moeten opgedreven worden om het comfort tijdens de winter te garanderen.	Hoe warmer het binnenoppervlak van het glas. Hoe minder condensatierisico's op dat oppervlak Hoe meer warmtecomfort er tijdens de winter in het lokaal is.
Hoe beter de beglazing het binnenkomend zonlicht controleert, hoe kleiner dus de zonnefactor is, en...	Hoe minder de kosten voor koeling Hoe minder de aanvoer van gratis zonnewarmte in de winter.	Hoe minder het risico op oververhitting te wijten aan zonnewarmte. Hoe minder natuurlijk zonlicht het lokaal binnenkomt.
DE JUISTE KEUZE	<p>Idealiter zal men kiezen voor een degelijk geïsoleerde beglazing met een goede lichttransmissie en een externe schaduw die los staat van de beglazing. Dit liever dan een beglazing die het zonlicht filtert dat aan de oorsprong ligt van de oververhitting, maar die ook de natuurlijke verlichting beperkt.</p> <p>Met bepaalde soorten beglazing, de zogenaamde selectieve beglazing, is een compromis mogelijk door het zonlicht te filteren en een bepaalde lichttransmissie te behouden die in de buurt ligt van “normale” beglazing.</p>	

Kosten van de verschillende soorten zonwering

- Permanente bescherming:
 - de meerkosten door de keuze voor een zonwerende beglazing bedraagt ongeveer 80 €/m²
 - een zonwering met kader in aluminium en platte klepjes in aluminium kost 60 tot 120 €/m²
- Reflecterende films om aan te brengen op beglazing kosten ongeveer 60 €/m².
- Het aanbrengen van gemotoriseerde buitenstores aan alle openingen van een gevel kost 88 tot 115 €/m²

Permanente bescherming (selectieve beglazing of folie) is iets goedkoper dan mobiele zonwering of afdaken maar leidt wel tot meer energieverbruik (verwarming en verlichting) door de beperking van de zonwinst tijdens de winter. Bovendien beperken deze folies en deze selectieve beglazing de lichttransmissie (meer of minder naargelang de producten) en dus de lichtkwaliteit in het lokaal. Bepaalde folies kleuren het glas, wat de perceptie van de omgeving buiten wijzigt. Deze oplossingen hebben dus niet de voorkeur.

(Het Portaal, 2016)

(Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2010)

1.2.2 Het beperken van interne warmtelasten

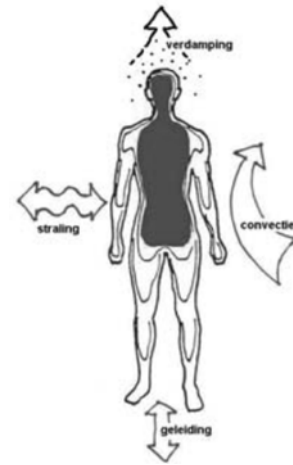
De interne warmtelast wordt bepaald door warmte die wordt geproduceerd door mensen, toestellen en verlichting in de ruimte.

Interne warmtelasten door mensen

Een mens heeft een gemiddelde lichaamstemperatuur van 37°C en een gemiddelde huidoppervlaktetemperatuur van 33°C. Deze temperatuur is bijna altijd hoger dan de temperatuur in de ruimte en dus zal een persoon vaak warmte afgeven.

De mens produceert warmte door middel van het metabolisme. Het proces dat voedsel omzet in warmte (en arbeid). Iemand die erg actief is produceert op dat moment meer warmte dan iemand die in rust is. Dit wordt ook de MET-waarde genoemd. Iemand die ligt produceert 46 W/m² huidoppervlakte, dit komt overeen met 0,8 MET. Iemand die huishoudelijk werk doet produceert 116 W/m² wat overeenkomt met 2,0 MET.

Met de MET-waarde, het energielevel (liggen=1, zitten=2, staan=3, bewegen=4) en het aantal mensen in de ruimte kan de interne warmtelast geproduceerd door de mensen opgesteld worden. Hierbij wordt gerekend met een gemiddeld lichaamsoppervlak van 1,8 m² per persoon.



Figuur 21: Energiebalans van de mens (Van den Brom, 2013)

Interne warmtelast door apparatuur

Naast personen veroorzaken elektrische apparaten en licht ook een interne warmtelast. De hoeveelheid warmte die afgegeven wordt is per apparaat verschillend en sterk afhankelijk van wat men ermee doet. Fabrikanten maken apparaten die steeds meer energiezuinig zijn waardoor het warmteverlies kleiner wordt.

Bij het ontwerp moet goed nagedacht worden zodat zoveel mogelijk natuurlijk licht aangewend kan worden. Wanneer een ruimte te warm is zou door middel van de aanschaf van zuinige apparaten de interne warmtelast gereduceerd kunnen worden. Ook door bewust gebruik van apparaten (niet onnodig een apparaat aan laten staan) kan de warmtelast gereduceerd worden.

Om de interne warmtelast van apparatuur op te stellen wordt het aantal watt per apparaat (voor licht is dit aantal Watt per m²) vermenigvuldigd met 1 als er mensen aanwezig zijn in de ruimte en met 0,25 als er geen mensen aanwezig zijn.

Totale interne warmtelast

De totale warmtelast is de som van de warmtelast door apparatuur en die van mensen. Om deze last zo klein mogelijk te houden wordt het gebruik van energiezuinige apparaten en verlichting gestimuleerd. Het koelvermogen van de free night cooling heeft zijn grenzen. Om totale efficiëntie te bereiken is het dus belangrijk dat de thermische belastingen binnen de perken blijven.

(Van den Brom, 2013)

(Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2010)

1.2.3 Koelen aan de hand van natuurlijke koudebronnen

Free cooling: Luchtgedragen systemen

De toename van de koudebehoefte komt echter voornamelijk tot uiting in een verlenging van het koelseizoen in plaats van een toename van het vereiste vermogen. Dat betekent dat de extra koelbehoefte zich voordoet terwijl de buitenlucht een voldoende lage temperatuur heeft om aan de behoefte te voldoen zonder gebruik te maken van traditionele klimaatregeling.

Een manier om die gratis koude te valoriseren is door een intensieve ventilatie tot stand te brengen wanneer de buitentemperatuur het laagst is: 's nachts. Dit wordt "free cooling" genoemd, of nog beter "night cooling".

Free cooling is een passieve koudestrategie die doeltreffend kan zijn en de beheerder van een gebouw eventueel in staat kan stellen om af te zien van een traditionele koelmachine. Om echter werkelijk optimaal te zijn, vereist free cooling dat er bijzondere aandacht wordt besteed aan het ontwerp van het project en aan de bouwkundige details. Om de luchtstroom op gang te houden, zal men natuurlijke luchtverplaatsing moeten stimuleren, want deze benadering verbruikt het minste. Terwijl die luchtstromen noodzakelijk zijn, moet men tegelijkertijd denken aan de bescherming tegen de buitenwereld (indringing, regen, ...), vermijden dat er hinderlijke tocht ontstaat en de brandbeveiliging en de luchtdichtheid van het gebouw vrijwaren.

Wanneer men praat over hernieuwbare energiebronnen, denkt men vaak aan de zon, windkracht, water of biomassa. Daarbij wordt nogal eens vergeten dat de lucht die ons omringt en de grond ook natuurlijke warmte- en koudebronnen zijn.

Free cooling kan op verschillende manieren worden opgevat. De luchtstroom kan op verschillende manieren worden gestuurd en afgezogen:

A. Free cooling op basis van mechanische ventilatie?

Het hygiënische ventilatiedebiet van een gebouw vergeleken met het debiet dat nodig is voor een krachtige night cooling is veel minder. Hygiënische ventilatie zorgt voor de behoefte aan verse lucht om het ademcomfort te verzekeren en komt overeen met een luchtverversing van iets minder dan 1 vol/u (voor ongeveer 36 m³/u/persoon), terwijl een doeltreffende night cooling, om te zorgen voor autonome koeling en zomers comfort, een luchtdebiet vereist van om en bij de 4 vol/u.

Het hygiënische ventilatiesysteem gebruiken om 's nachts verse buitenlucht te sturen kan dus enkel gezien worden als een verfrissing, niet als een echte koeling, want dan moet het debiet worden opgevoerd.

De energiebalans van het nachtelijk gebruik van de mechanische ventilatie is niet bijzonder positief. Immers, gezien de lage warmtecapaciteit van lucht (in vergelijking met water bijvoorbeeld), is het mogelijk dat de ventilatoren zodanig veel stroom verbruiken dat het interessanter is om overdag een traditionele klimaatregeling te laten draaien in plaats van de mechanische ventilatie 's nachts.

Een alternatief zou dus kunnen zijn om enkel de extractie te gebruiken, of enkel de stuwning van het mechanische ventilatiesysteem, aangevuld met openingen voor natuurlijke luchtaanvoer of extractie (men spreekt soms over een "hybride" systeem).

(Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2010)

B. Free cooling door natuurlijke ventilatie

Het ventilatiedebiet veroorzaakt door natuurlijke ventilatie is niet eenvoudig te voorspellen. De reden hiervoor is dat het debiet afhankelijk is van veel verschillende factoren:

1. het weer: temperatuurverschil binnen/buiten, windsnelheid, windrichting
2. de positie van de ventilatieopeningen ten opzichte van elkaar
3. het aantal en de grootte van de openingen
4. de omgeving: open terrein, semi open terrein, dicht bebouwd terrein

Die natuurlijke ventilatie kan op drie manieren worden geboden:

<p>ventilatie op basis van het schoorsteeneffect van gevel tot dak</p> <p>Dit proces is gebaseerd op thermiek en hoogteverschil. Thermiek is het principe dat warmere lucht stijgt en koude lucht daalt. Dit omdat warme lucht een kleinere dichtheid heeft dan koude lucht. Thermiek heeft tot gevolg dat er drukverschillen ontstaan tussen binnen en buiten. Thermiek wordt versterkt door het hoogteverschil tussen de invoer en de afvoer van de ventilatie, hoe groter het hoogteverschil en temperatuurverschil hoe hoger het ventilatiedebiet zal zijn. Dit proces is ook afhankelijk van de oriëntatie van de ventilatieopening en de omgeving waar het gebouw in staat. (Van den Brom, 2013)</p>
<p>eenzijdige ventilatie op slechts één gevel</p> <p>Eenzijdige ventilatie, een raam, gedreven door thermiek en wind, treedt op wanneer er een ventilatieopening is op een enkele gevel. De ventilatie wordt gedreven door verschil in hoogte en verschil in dichtheid. Omdat de inlaat en uitlaat door een en hetzelfde raam verloopt moet de opening groot genoeg zijn.</p>
<p>dwarsventilatie van gevel tot gevel</p> <p>Dwarsventilatie treedt op wanneer er ventilatieopeningen in meerdere gevels zijn. Dwarsventilatie gedreven door thermiek wordt gedreven door het hoogte en het dichtheidsverschil. De koude ventilatielucht zal de woning via de laagste opening binnen komen en via het hoogste raam verlaten. Dwarsventilatie gedreven door wind wordt gedreven door de windsnelheid die zal bepalen of het ventilatiedebiet groot of klein is.</p>

C. Free cooling op basis van hybride ventilatie

Hybride ventilatie is ventilatie die "natuurlijke" ventilatie combineert met "mechanische" ventilatie. Wanneer een afdoend schoorsteeneffect niet mogelijk is vanwege bijvoorbeeld de matige hoogte van het gebouw, kan men een handje helpen met ventilatoren, bij voorkeur met een laag verbruik, die los staan van de hygiënische ventilatie, zoals in daktorentjes
(Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2010)

D. Free cooling via de verhoogde vloer

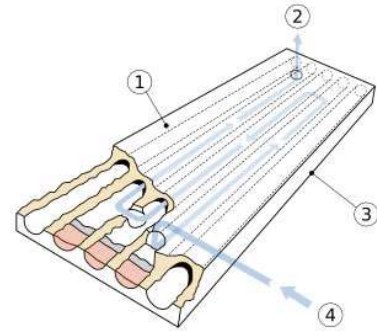
Een bijzonder geval van het passief gebruik van thermische energieopslag is de 'ondervloer ventilatie'. Deze methode wordt hier niet verder besproken omdat dit niet gebruikt wordt in woningen.

E. Free cooling doorheen een structurelement

Doorheen het structurelement stroomt lucht waardoor de energie die opgeslagen is in het element, wordt uitgewisseld. Afhankelijk van de luchttemperatuur zal de oppervlaktetemperatuur van het structurelement uiteindelijk stijgen of dalen.

De klimatisatie van de ruimte geschiedt zowel door de convectie van de in- of uitstromende lucht als door straling van het plafond.

De lucht die doorheen de kanalen wordt gestuurd kan bijkomend worden gekoeld of verwarmd. Omwille van hygiënische redenen worden de kanalen soms voorzien van een coating of wordt een supplementaire buis in het kanaal geplaatst of worden buizen in de vloer ingestort. Het maximum koelvermogen is ongeveer 65 W/m^2 (François, 2014)

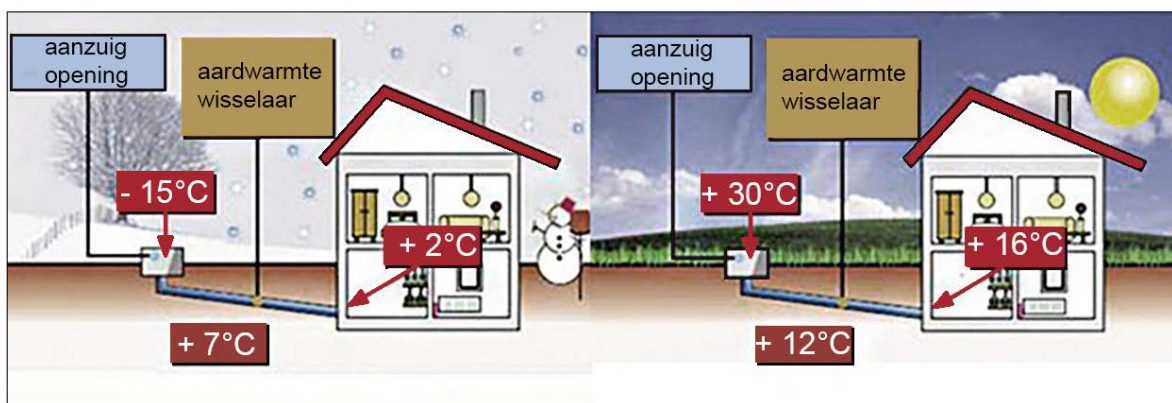


Figuur 22: Thermodeck

F. De Canadese buis

Een aardwarmtewisselaar (ook wel Canadese put genoemd) is een systeem om via ondergrondse buizen (horizontaal of verticaal buizennet) buitenlucht binnen te brengen in jouw woning en tegelijkertijd energie te besparen door warmterecuperatie. Het moet worden beschouwd als een aanvulling op een systeem met warmterecuperatie zoals het balansventilatiesysteem, het volstaat niet om je woning comfortabel te verwarmen. Aangezogen buitenlucht wordt via een ondergronds buizennet in jouw woning binnengebracht. Tijdens dat transport wordt de lucht langzaam opgewarmd of afgekoeld door de overdracht van de bodemtemperatuur. In de zomer zal de lucht onderweg gekoeld worden en in de winter zal de lucht opwarmen. Hierdoor zal jouw centrale verwarming of airco minder energie moeten verbruiken.

De prijs van een AWW varieert tussen de 2000 en 4000 euro voor het horizontale systeem en tussen de 7000 en 9000 euro voor het verticale systeem. Het verbruik kost niets, het is zelfs een besparing op koeling en verwarming en je kunt aanspraak maken op gewestelijke premies.



Figuur 23: Temperatuursverloop in een Canadese buis (Ventilatie Woning Nederland, 2016)

Het intensieve ventilatiesysteem en het brandpreventiesysteem kunnen op elkaar inwerken. Immers, de vrije circulatie van de lucht bestemd voor de verfrissing in het gebouw kan in botsing komen met de methode van brandcompartimentering. Omgekeerd kunnen natuurlijke ventilatie en de methode van brandbeveiliging complementair zijn: dat is bijvoorbeeld het geval voor de rook- en warmteafvoerkanalen, die dienst kunnen doen als natuurlijke afzuigkoepel

(Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2010)



Geocooling: Watergedragen systemen

Free cooling vereist dat aan een aantal zaken wordt voldaan die, afhankelijk van de omstandigheden of de wensen van de bouwheer, de toepassing ervan moeilijk of zelfs ongewenst kunnen maken.

Zo kan het bijvoorbeeld zijn dat de projectontwikkelaar of bouwheer geen gebouw wenst waarvan de binnentemperatuur in de zomer, hoewel ze binnen de erkende comfortcriteria blijft, niet vast kan worden gehouden ongeacht de thermische belastingen van het gebouw.

In dat geval bestaat er een andere "natuurlijke" koudebron dan de buitenlucht: de grond. Men spreekt hier van geocooling.

Geothermische warmtepompen gebruiken de grond als warmtebron. We kunnen hier twee verschillende soorten onderscheiden:

			
Figuur 24: horizontale captatie		Figuur 25: verticale captatie	
Bodem - water warmtepomp			
<ul style="list-style-type: none"> - tuin als warmtebron - buizennetwerk op een diepte tussen 70 cm tot 1,5m - doorstroomvloeistof onttrekt warmte uit de grond - zonnestraling en regen verhoogt de capaciteit - grasveld is hierbij het meest geschikt - voor een hoog rendement: bebouwing en beplanting boven het captatienet vermijden. <p>De grootte van het captatienet is afhankelijk van:</p> <ul style="list-style-type: none"> - de samenstelling van de grond - het vochtgehalte (diepte) en vermogen van de warmtepomp 		<ul style="list-style-type: none"> - bij onvoldoende grondoppervlakte - putten tussen 25 en 100 meter diep - doorstroomvloeistof onttrekt warmte uit de grond - boren tot 50m: meldingsplicht dieper dan 50m: vergunning <p>Het aantal putten voor de verticale captatie is afhankelijk van:</p> <ul style="list-style-type: none"> - de samenstelling van de grond - de voorziene warmtebehoefte 	
Opbrengst: tussen 10 en 35 W/m ² (afh. v/d bodem)		Opbrengst: (per boormeter) 50 W/m ² (afh. v/d bodem)	
Voordelen:	<ul style="list-style-type: none"> - behaalt een hoog rendement - geen onderhoud - passieve koeling is mogelijk 	Voordelen:	<ul style="list-style-type: none"> - behaalt het hoogste rendement - minder grondoppervlakte nodig - passieve koeling beter dan bij horizontale captatie.
Nadelen:	<ul style="list-style-type: none"> - groot tuinoppervlak is nodig - grote investering maar goedkoper dan verticale captatie 	Nadelen:	<ul style="list-style-type: none"> - putboringen zijn niet altijd mogelijk - grote investering, het is duurder dan horizontale captatie - door de aanwezigheid van glycol is een goede lektheid vereist.

De koude wordt uit de grond gewonnen via één of meerdere geothermische sensoren waarin water circuleert. Over het algemeen gebruikt men het koude water dat op deze manier wordt geproduceerd, voor het voeden van koudeplafonds, actieve platen of luchtbehandelingbatterijen. In dat geval is het systeem dat koude levert aan de omgeving dus geheel gelijk aan een traditioneel klimaatregelingsysteem. Enkel de wijze van de productie van het koude water is anders, want ze gebeurt op natuurlijke wijze. Afhankelijk van de technische kenmerken en van de grootte van de installatie moet een aanvraag voor een milieuvergunning worden ingediend.

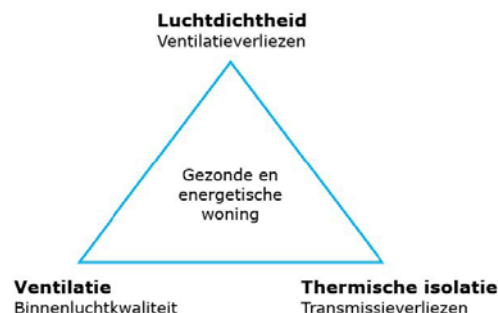
De koude kan ook verkregen worden door grondwater rechtstreeks op te halen en het daarna opnieuw in de waterhoudende laag te spuiten. Een vergunning voor het putten van grondwater en een milieuvergunning moeten worden aangevraagd.

(Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2010)

(Warmtepompen advies, 2016)

1.2.4 Luchtdichtheid

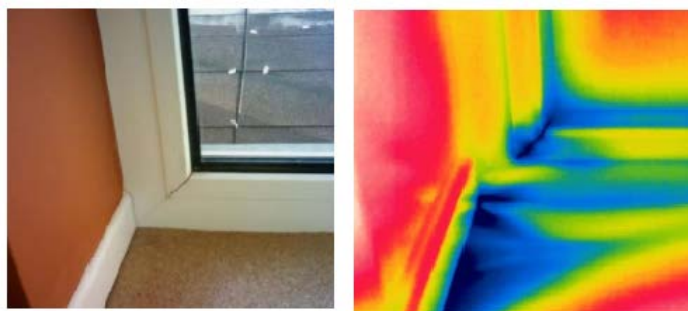
Sinds de energieprestatierelgeving is luchtdichtheid een belangrijk issue bij het bouwen en renoveren van een woning. Dit komt omdat luchtdichtheid een rechtstreeks verband heeft met het thermisch comfort en de kwaliteit van de binnenlucht van een woning. Zo heeft een goede luchtdichtheid enkel zin als er voldoende thermische isolatie aanwezig is, omgekeerd heeft een goede isolatie weinig nut als er door een slechte luchtdichtheid aanzienlijke warmteverliezen optreden.



Figuur 26: Onafscheidelijke driehoek

Verder is het van belang een goed ventilatiesysteem te voorzien indien de technieken en de luchtdichtheid van goede kwaliteit zijn. Zo niet is de kans op een ongezonde woning, door een slechte luchtkwaliteit en door mogelijke condensatie- of schimmelvorming groot. Concreet wil dit zeggen dat zowel de luchtdichtheid als de isolatie en de ventilatie onafscheidelijk zijn.

Dat de luchtdichtheid van een woning gebreken vertoont is eenvoudig zelf aan te tonen. Dit kan door met je hand rond raam- en deuraansluitingen te voelen. Als er luchtlekken zijn, zal dit snel merkbaar zijn, zeker wanneer er een voldoende sterke wind staat buiten. Andere mogelijkheden zijn het gebruik maken van thermografie of rookgeneratoren. Bij thermografie zal het infraroodbeeld een duidelijk donkerder



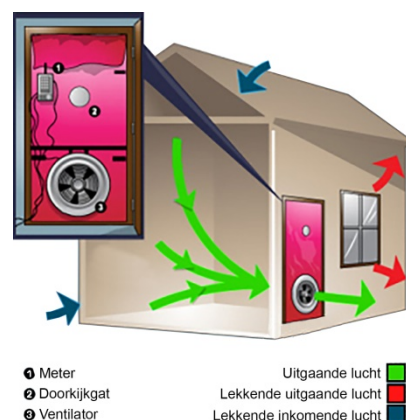
Figuur 27: Luchtlekken rond raamaansluitingen (www.wtcb.be)

kleurpatroon vertonen rond aansluitingen als er luchtlekken optreden. In geval van rookgeneratoren zal de rook door de openingen gaan of zal er een duidelijke verstoring van het rookbeeld optreden.

Blowerdoortest

Aan de andere zijde bestaat er ook een manier om het lekdebiet doorheen de gebouwschil in kaart te brengen. Dit kan door een luchtdichtheidsmeting of de zogenaamde blowerdoortest. Hierbij wordt een drukverschil van 50 Pa geïnduceerd tussen binnen- en buitenzijde van de woning door middel van een ventilator. Door luchtlekken zal dit drukverschil dalen. Er kan dus gezegd worden dat het lekdebiet dat de ventilator moet opwekken om het drukverschil constant te houden een goede indicatie is voor de luchtdichtheid.

Indien we het lekdebiet v_{50} (m^3/h) delen door het binnenvolume spreekt men van het infiltratievoud n_{50} (m^3/h). Het infiltratievoud drukt het aantal luchtwisselingen per uur in een gebouw uit en geeft hiermee een indicatie over de prestatie van een gebouw weer. Als we het lekdebiet delen door het buitenverlies-oppervlak, dan geeft dit de oppervlakteluchtdichtheid v_{50} ($m^3/h m^2$). Hieruit blijkt dat voor een compacte woning, waarvoor het verliesoppervlak dus kleiner is, de luchtdichtheid verbetert.



Figuur 28: Blowerdoortest (Moduul Bvba, 2016)

- Realisatie van luchtdichtheid

De kritische punten doen zich vooral voor bij doorboringen van het luchtscherm bijvoorbeeld ter hoogte van nutsleidingen, ventilatie, enz. Dit maakt het bij renovatie extra moeilijk omdat daar niet op voorhand is over nagedacht om deze openingen slim te ontwerpen. Voor de meeste leidingen en dergelijke zijn er moffen beschikbaar die luchtdichtheid zouden garanderen maar toch dient hier aandachtig op gelet te worden.

Er zijn verschillende materialen mogelijk om een luchtdichte laag te vormen, de meest voorkomende zijn dampschermen, bepleistering, platen of zelfs ter plaatse gestort beton. Al worden er door verschillende fabrikanten allerlei materialen aangeboden die ze zelf bestempelen als luchtdicht.

De communicatie tussen de verschillende bouwinstaties is van groot belang om te voorkomen dat de luchtdichte lagen niet correct op elkaar zouden kunnen aansluiten. Daarnaast moet er ook voorzigtiger gewerkt worden als men in de buurt van een luchtdichte laag komt. Wordt deze onderbroken (bijvoorbeeld een scheur door middel van gereedschap of een doorboring met een schroef) dan heeft dit dramatische gevolgen voor de luchtdichtheid van het gehele oppervlak.

(Deckers & Vaesen, 2015)

1.2.5 Het voorzien van materialen met een aanzienlijke thermische inertie

Met thermische inertie of thermische massa wordt het thermische accumulerend vermogen aangeduid van een stof om warmte of koude op te nemen, een periode op te slaan in het materiaal en later afhankelijk van de ruimtetemperatuur weer af te geven via het materiaaloppervlak.

Hoe hoger de thermische massa van een materiaal (gebouw), hoe langzamer de temperatuur van het materiaal (gebouw) zal stijgen en dalen. Deze eigenschap verbetert een aangename constante binnentemperatuur overdag en 's nachts, en dit zowel in de winter als in de zomer.

In het algemeen zijn er drie fysische processen waarop thermische massa van invloed is:

		
Vertraging in het warmtetransport door ondoorzichtige gebouwschil (gevels, daken, vloeren)	Vertraging in de omzetting van interne warmteproductie naar daadwerkelijk afgegeven warmte	Vertraging in afkoeling en opwarmen van een gebouw na een verharding in het setpunt van de binnentemperatuur




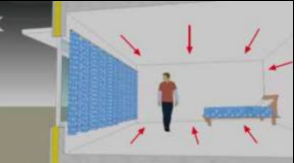
(de Vaan, Wiedenhoff, & Hensen, 2010)

Thermische massa van gebouwen kan op een passieve of actieve wijze worden ingezet. Terwijl bij het passief gebruik enkel de thermische massa van het structuurdeel wordt gebruikt om thermische energie op te slaan, wordt bij geactiveerde bouwdelen een extra hoeveelheid thermische energie aan-of afgevoerd door een intern leidingsysteem waarbij lucht of water circuleert.

A. Passief gebruik van de thermische massa van een gebouw

Voor een passief gebruik van de thermische massa van een gebouw is het van belang dat de vloeren en wanden over voldoende capaciteit beschikken om er warmte in op te slaan en weer af te geven zodra zich een warmtevraag voordoet.

Beton wordt gemaakt met zware steenachtige materialen en heeft een grote thermische inertie. Daarom kan het beschouwd worden als een goed materiaal voor de bouw van een passiefhuis.

			
Zomer overdag Binnenstralen van de zon vermijden door zonwering. De ramen worden dichtgehouden. De thermische massa absorbeert de warmte en zorgt voor de stabiliteit van de interne temperatuur.	Zomer 's nachts De ramen worden geopend om het gebouw te ventileren en de thermische massa af te koelen.	Winter overdag Door de lage zonnestand schijnt de zon binnen. De thermische massa slaat de zonnearmte op. 'S avonds als de zon verdwijnt zakt de temperatuur, komt de opgeslagen warmte vrij zodat er pas later bijkomend moet worden verwarmd.	Winter 's nachts De warmteverliezen worden geminimaliseerd: ramen dicht, rolluiken naar beneden,... De opgeslagen warmte komt verder vrij, een bijkomende verwarming is nodig.

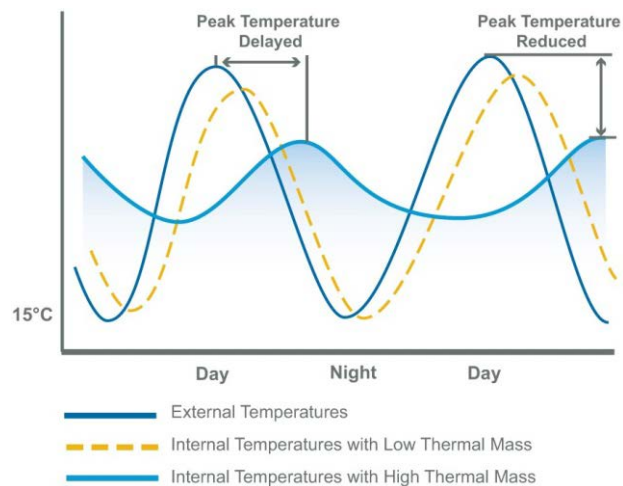
Dankzij de inertie kunnen de temperatuurpieken zowel overdag als 's nachts worden afgetopt. Dit zorgt ervoor dat het thermisch comfort verhoogt. De thermische inertie van een wand wordt vooral bepaald door de eigenschappen van de oppervlaktelagen. Deze lagen bieden een hoge inertie als de materialen waaruit ze zijn samengesteld de volgende kenmerken hebben:

- Een hoge effusiviteit (koud gevoel bij contact met een materiaal)
- Een lage diffusiviteit (groot tijdsverschil tussen het moment waarop de warmte op een zijde van de muur terechtkomt en het moment waarop ze de andere zijde bereikt)

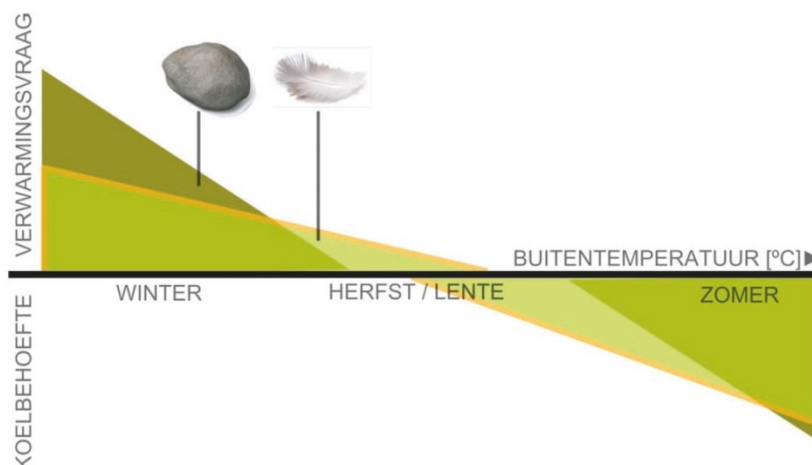
De invloed van de thermische capaciteit van een gebouw op de koel- en verwarmingsbehoefte van een gebouw is afhankelijk van een aantal parameters zoals de gebruiksfunctie en het seizoen.

Voor gebouwen waar geen nachtverlaging of volledig uitschakelen van de verwarmings- of koelinstallatie wenselijk is, scoren gebouwen met een kleinere thermische capaciteit minder goed.

In gebouwen waarbij de verwarmings- en koelinstallaties 's nachts worden uitgeschakeld of op een lager regime worden gezet, scoren zware gebouwen in het tussenseizoen (herfst, lente) beter. In de winterperiode heeft het zwaardere gebouw 's ochtends meer energie nodig om terug op te warmen. De verwarmingsvraag is weliswaar lager maar is breder (duurt langer). De warmte die overdag geproduceerd wordt (interne warmte en zonnewinsten) komt pas 's nachts vrij terwijl bij een licht gebouw deze warmte onmiddellijk bijdraagt tot een lager energieverbruik. Bij koeling daarentegen biedt de thermische opslag voordelen omdat een deel van de warmtelast door de thermische inertie pas 's nachts vrijkomt hetgeen resulteert in een verlaging van de koelbehoefte. Bij een toenemende warmtelast zal de massa echter zijn warmte 's nachts onvoldoende kwijtraken en is de snelle afkoeling van een licht gebouw 's nachts een voordeel.



Figuur 29: De faseverschuiving bij materialen met kleine en grote thermische massa (Van den Brom, 2013)



Figuur 7: Schematische weergave van warmtevraag en koelbehoefte voor een zwaar en een licht gebouw t.o.v. de buitentemperatuur: bron; de mythe thermische massa (de Vaan, Wiedenhoff, & Hensen, 2010)

Het is van groot belang dat de thermische massa van een gebouw ook effectief aanspreekbaar is. Omdat warme lucht stijgt, hebben vooral plafonds een grote potentiële bufferende werking.

Verlaagde plafonds worden daarom in dit kader zoveel mogelijk vermeden. Maar ook verhoogde vloeren en voorzetwanden met een lage thermische massa die de massieve constructie afdekken, verlagen de thermisch aanspreekbare massa.

Dit betekent voor de huidige bouwtechniek idealiter een gebouw met een betonnen casco waarbij de warmteafgifte niet wordt belemmerd.

(François, 2014)

De rol van de verschillende wanden

Niet alle wanden van een lokaal spelen een gelijkwaardige rol in de warmtehuishouding van dat lokaal. Om de risico's op oververhitting te wijten aan zonnestraling te beperken, is de inertie van de vloerplaat die blootstaat aan rechtstreeks zonlicht het meest efficiënt.

Die inertie zal de straling moeten kunnen absorberen door slechts het minimum terug uit te stralen naar de omgeving. Isolerende vloerbekleding is te vermijden (parket, tapijten, kurk, ook verhoogde vloeren en in mindere mate vinyl en linoleum). Jammer genoeg voelen massieve materialen (tegel, afgestroken vloerplaten, enz.) koud en oncomfortabel aan als je er met blote voeten op stapt. Dit kan niet worden vermeden en zal er sommige bouwmeesters toe aanzetten om de voorkeur te geven aan thermische massa's in andere wanden dan de vloer.

Om zo goed mogelijk te profiteren van de zonnwinst tijdens het tussenseizoen, zal de vloertegel eveneens zeer belangrijk zijn. En eventueel ook de binnenmuren die een deel straling ontvangen die dieper in het gebouw binnendringt dan tijdens de zomer.

Indien men 's nachts intensieve luchtverversing toepast, zullen alle wanden kunnen functioneren als thermische buffer. Daarom pleit men vaak voor de afschaffing van verlaagde plafonds onder de betonnen platen.

De bezettingswijze

In een ruimte waar enkel 's nachts mensen zijn, zoals een slaapkamer voor volwassenen, moet de inertie zwak zijn om de warmte die overdag wordt opgeslagen in de materialen te beperken, en om snel de omgevingstemperatuur te doen dalen (door de warme lucht te verversen met aanvoer van verse buitenlucht). In een ruimte die overdag wordt ingenomen is inertie belangrijk om de warmte die overdag aanwezig is in de materialen te absorberen, om zodoende temperatuurpieken te beperken. De opgeslagen warmte wordt dan 's nachts geleidelijk verwijderd.

De tendens van de lichte constructie

De huidige tendens gaat in de richting van lichte constructies, het type met houten structuren, maar een lichte structuur heeft een beperkte thermische inertie. Met wat slechte wil zouden we dit weliswaar ook in een voordeel kunnen buigen, namelijk door te stellen dat de energie niet moet worden aangewend om de massa van de wanden te verwarmen, maar wel om direct de binnenlucht op te warmen. Toch is dit wat kort door de bocht. Er wordt immers al gauw vergeten dat de ruimtes even snel zullen afkoelen doordat de energie niet wordt opgeslagen. Bovendien zal de constructie ook de warmte van de zon niet kunnen absorberen, met oververhitting tot gevolg in de zomer en zelfs in het tussenseizoen? Gelukkig bestaan er oplossingen voor dit probleem: zonneschermen aan de buitenkant, specifieke architecturale ingrepen (dakoversteek, dwarsmuren,...) of natuurlijke schaduw.

(Brussels Instituut voor Milieubeheer, 2010)



Figuur 30: Natuurlijke schaduw
(Vakfederatie Rietdekkers, 2016)

B. Actief gebruik van de thermische massa van een gebouw

Bij het passief gebruik wordt de thermische massa van het structuurdeel gebruikt om thermische energie op te slaan. Bij actief gebruik van de thermische massa wordt een extra hoeveelheid thermische energie aan- of afgevoerd door een intern leidingsysteem waarbij lucht of water circuleert.

In de jaren '80 van de vorige eeuw werd vanuit Zweden het Energon-systeem geïntroduceerd waarbij de holle ruimten van kanaalplaatvloeren op een actieve manier werden gebruikt om warmte uit te wisselen tussen de ventilatielucht en de betonmassa. Praktische bezwaren belemmerden een snelle acceptatie.

De basis van de betonkernactivering is het watervoerende leidingsysteem. Deze leidingen worden ingestort op de werf of geprefabriceerde vloeren, waarbij de leidingen tussen de onder- en de bovenwapening zijn gepositioneerd. De ontwikkeling van zogenaamde capillaire leidingmatten maakt het mogelijk om het watervoerend vlak tegen de onderzijde van de vloer aan te brengen, alhoewel de massa van de vloer minder effectief gebruikt wordt, is het een oplossing om bestaande vloeren van een betonkernactivering te voorzien.



Figuur 31: Betonkernactivering (Bouwlogie, 2014)

Een op betonkernactivering gebaseerd klimaatconcept onderscheidt zich van de traditionele installatie door het feit dat verwarming en koeling niet geconcentreerd via een radiator of geconditioneerde lucht in de ruimte wordt gebracht, maar dat dit nu in hoofdzaak gebeurt door een groot bouwkundig oppervlak. Door het grote oppervlak kan het temperatuurverschil tussen het klimaat actieve oppervlak (wat de vloer nu is) en de ruimtelucht klein zijn. Of uitgedrukt in vakjargon 'een lage temperatuurverwarming' met een watertoevoertemperatuur in het leidingregister van circa 28 a 35 °C en een hogetemperatuurkoeling met een watertemperatuur van circa 17 à 20°C. Het geringe temperatuurverschil tussen de vloer en de ruimte creëert een natuurlijke luchtbeweging met lage snelheid en een lage turbulentiegraad. Twee eigenschappen die thermisch comfort garanderen en tochtklachten voorkomen. Individuele fijnregeling kan via randzoneverwarming, verwarmingselementen of ventilatielucht gebeuren. (European Concrete Platform, z.d.)

C. Studie over het effect van thermische massa

Wereldwijd zijn studies verricht naar het effect van thermische massa. Door een team van Tampere University in Finland zijn 28 internationale publicaties over dit onderwerp onderzocht. Hieronder volgt een samenvatting van de belangrijkste conclusies die uit dit onderzoek naar voren kwamen.

Er is 2 – 15 % te besparen op energie voor verwarming dankzij thermische massa, met een besparing in Noord Europese klimaatcondities van 10 % vergeleken met lichte gebouwen.

Als geen koeling wordt toegepast in de zomer, zijn de hoogste binnentemperaturen in een zwaar gebouw 3 – 6 graden lager dan in een vergelijkbaar licht gebouw. Thermische massa zal de behoefte aan koelcapaciteit verminderen.

Nachtventilatie van kantoren kan behoefte aan mechanische koeling verminderen of voorkomen. Als dit wordt gekoppeld aan thermische massa kan dit de behoefte aan koelcapaciteit tot 50% verminderen.

De combinatie van een grote thermische massa en verbeterde kierdichtheid van eengezinswoningen kan resulteren in een reductie van 20% energieverbruik voor verwarming vergeleken met een lichte woning

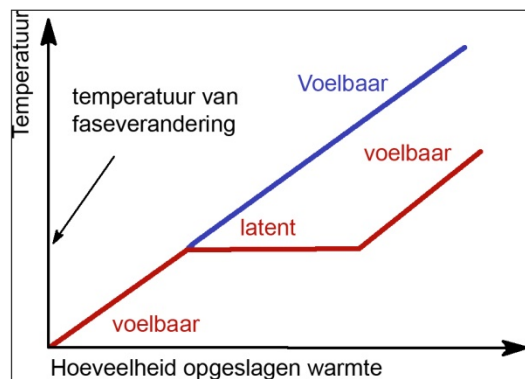
(European Concrete Platform, z.d.)

D. Materialen met PCM's

Thermische energie wordt opgeslagen in een medium door de temperatuur van het medium te verhogen of te verlagen. Dit noemt men voelbare energieopslag.

Latente energieopslag is de energie die opgeslagen wordt (of vrijgegeven wordt) tijdens de faseverandering van het materiaal van bijvoorbeeld vloeibaar naar vast.

In vergelijking met voelbare energieopslagsystemen, laat latente energieopslag een hoge energieopslagdensiteit toe bij een constante temperatuur.



Figuur 32: Temperatuursverloop in functie van de hoeveelheid opgeslagen warmte, de opslag van voelbare en latente warmte

Om de milieubelasting van een gebouw omlaag te brengen, ligt het voor de hand te kiezen voor een lichte constructie. Je bespaart op materiaal en daarmee op grondstoffen en energie voor de materiaalproductie, transporten en bouwafval. De geringe thermische massa van een lichte constructie behoeft deze keuze niet in de weg te staan. Temeer, omdat het vandaag de dag eenvoudig mogelijk is om de thermische massa van een lichte constructie te verhogen: met Phase Change Materials (PCM).

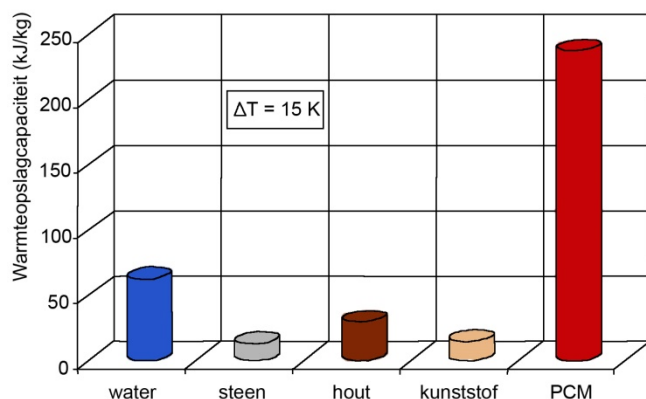
Een PCM, doorgaans een paraffinewas of zouthydraat, kun je toevoegen aan het constructiemateriaal, bijvoorbeeld het verwerken van paraffinekorrels in het betondek van een staalplaat-betonvloer. Deze PCM's worden in capsules verwerkt omdat ze vloeibaar worden bij een hoger wordende temperatuur. Hierdoor verhoog je de thermische massa van het constructiemateriaal en je bespaart tegelijkertijd op materiaal voor die constructie. De constructie wordt thermisch zwaar, maar blijft beperkt in massa en gewicht.

PCM's veranderen bij een temperatuur rond 27°C van fase. Bij de overgang van vast naar vloeibaar absorberen ze de warmte uit het gebouw en slaan het op. Het koeleffect bedraagt dan zo'n 4 °C, vaak voldoende om de binnentemperatuur aangenaam constant te houden. Bij de overgang van vloeibaar naar vast wordt de warmte weer afgestaan en het gebouw zo'n 4°C opgewarmd.

Tijdens de faseveranderingen blijft de temperatuur van het PCM zelf vrijwel constant. Het smelten en stollen (of: kristalliseren) van een PCM kan oneindig vaak plaatsvinden, zonder gevolgen voor de fysische en chemische eigenschappen.

Door het PCM op te nemen in een constructie- of bouw materiaal, bijvoorbeeld een wand- of gevelplaat of een vloerdeek, ontstaat een buffer die de warmte langere tijd kan vasthouden (warmte accumulerend vermogen). Via openingen in de buffer wordt de warmte onttrokken en afgegeven aan een overdrachtsmedium, zoals langstromende lucht. Er is nauwelijks energie nodig om de warmte in en uit het PCM te krijgen.

(Bouwen met staal, 2016)



Figuur 33: Vergelijking warmtecapaciteit water, steen, hout plastic en PCM (Joost Devree, 2016)

<p>Toepassing:</p> <ul style="list-style-type: none"> -- Een pleisterwerklaag van 15 mm waarvan de PCM's 20% van de volumemassa vertegenwoordigen – Smeltpunten: 21°C, 23°C, 26°C – Latente buffercapaciteit: 70 Wh/m² 	<p>Eerste dag: verschil tot 3.5 K in vergelijking met de referentiekamer.</p> <p>Volgende dagen: verschil steeds kleiner</p> <p>Het is noodzakelijk dat de PCM's hun warmte terug kunnen afgeven door bijvoorbeeld nachtventilatie. Het beperken van de interne lasten en de externe zonnewinsten blijven dan ook prioritaire maatregelen.</p>
--	--

In plaats van PCM's als additief in bouwproducten te verwerken, kunnen PCM's ook verwerkt worden in afgewerkte elementen zoals plafondtegels, zonnewering.

Actieve nachtkoeling zorgt voor de afvoer van de opgeslagen warmte. Dit betekent echter dat in warme zomernachten de warmte niet efficiënt kan worden afgevoerd en er de volgende dag geen of weinig ruimte voor warmte-opslag is. In dit geval kan er gebruik worden gemaakt van geïntegreerde koelcircuits in het gebouwelement zoals vloeren en wanden.

(François, 2014)

2. UIT HET WERKVELD

Om mijn onderzoek volledig te maken contacteerde ik enkele personen uit het werkveld. Sommige mensen hebben reeds gewerkt met Ecohomepanel, voor anderen is het een onbekend paneel. Ik ging bij hen langs om meer te weten over het product en hun eventuele ervaringen en opmerkingen erover te leren kennen.

Kurt Ryckeboer, bouwheer, Torhout, verhuurt een woning gebouwd met Ecohomepanel

Enkele jaren terug besloot Mr. Ryckeboer een woning te bouwen met Ecohomepanel. Dit was een half open woning koppeland aan een grondig gerenoveerde woning, gebouwd met massieve bouwmaterialen. Uit het gesprek met hem leid ik af dat hij al heel wat research deed rond duurzaam en energiebewust bouwen. Als specialist in beveiligingssystemen, vroeger als elektricien, kwam hij ruimschoots in contact met de bouwwereld. Hij denkt er aan een unplugged woning te bouwen.

Hoe is uw EHP-woning opgebouwd? Hebt u ingrepen toegepast tegen oververhitting?

Mijn EHP-woning is een ééngezinswoning, zuid gericht. De buitengevel is opgebouwd uit EHP met aan de binnenkant een houten voorzetwand bekleed met OSB en gipsplaten. Ik koos ervoor om voorzetwanden te plaatsen zodat stalen kolommen, die enkele stalen liggers dragen, weggewerkt kunnen worden in de wand.

De binnenmuren zijn opgetrokken in hout, dit enerzijds om gemakkelijker leidingen van bijvoorbeeld ventilatie of afvoeren weg te werken en anderzijds omdat dit goedkoper is dan een EHP-wand mét voorzetwand voor de leidingen. In een houten wand kan ook een isolatiemateriaal verwerkt worden met meer inertie. Ik gebruikte glaswol.

De vloerplaat op volle grond is geïsoleerd met 20 cm PUR en voorzien van vloerverwarming.

De tussenvloer bestaat uit een houten roostering die geïsoleerd is met rotswol. Aan de onderkant werd een dampscherm en gipsplaten bevestigd. Op de roostering werden 2 lagen cementvezelplaat geplaatst, bovenkant 9 mm dik en onderaan 6 mm dik. Deze platen werden aan elkaar gevezen maar liggen los, zwevend op de roostering. Op deze cementvezelplaten ligt een kurklaag, daarop OSB-plaat 22mm en daarop de vloerafwerking. Akoestisch is de vloer vergelijkbaar met een massieve tussenvloer.

Het plat dak op de uitbouw achteraan de woning werd geïsoleerd met 20 cm PUR-isolatie. Het zadeldak werd geïsoleerd met Unilin sandwichelementen.

De ventilatie is systeem D, het dubbel glas in de ramen heeft een U-waarde van 1 W/m²K (de meerprijs van driedubbelglas weegt niet op tegen de extra warmteweerstand van het glas), op het dak liggen zonnepanelen en de woning wordt verwarmd met een Daikin warmtepomp zonder koelfunctie.

Welke ingrepen hebt u naast het toevoegen van meer inerte materialen voorzien?

De ramen achteraan de woning zijn afgeschermd van de zon enerzijds door luifels en anderzijds aan het terras door de terrasoverkapping. De zuid gerichte ramen boven zijn voorzien van screens. In de zijgevel, west georiënteerd, zijn geen ramen voorzien. Ik heb geen koeling voorzien in de woning.

Dit alles zorgt voor een E-peil van 8, wat een zeer lage score is!

Wat vindt u van Ecohomepanel, ziet u toekomst in het product?

Ik zie zeker toekomst in deze manier van bouwen. Door de alsmear stijgende bouwprijzen, de strenger wordende isolatie-eisen en het streven naar laag energie wonen zit er potentieel in. Er moet iets veranderen aan de huidige manier van bouwen. Er moet nog meer bespaard worden op energetisch vlak en de kostprijs is veel te hoog.

Wat de stap naar bouwen met EHP momenteel nog wat moeilijk maakt is dat zeer weinig architecten met dit systeem werken. Dit komt waarschijnlijk omdat de prijs van EHP nogal hoog ligt, dit kan lager denk ik. Het is iets goedkoper dan houtskeletbouw.

Hebt u tips of opmerkingen over EHP?

Ik heb ervoor gekozen dat het dak ondersteund wordt door stalen spanten die via stalen kolommen op de bodemplaat staan. Ook het gegalvaniseerde U-profiel waar de EHP platen ingezet worden heb ik vervangen door een inox U-profiel, evenals het gebruik van inox keilbouten. Ondertussen is dit reeds standaard.

Zijn de huurders van uw EHP woning tevreden over het thermisch comfort?

Over het algemeen zijn ze tevreden denk ik. Enkel in de slaapkamer van hun zoon raakt het soms te warm omdat die een gamer is. Die gameconsole staat heel veel aan en geeft wat warmte af. Op warme dagen wordt het zo vlug te warm.

Vroeger hadden ze ook de gewoonte om ramen open te zetten als het zomers weer was met de screens dicht, dag en nacht. Zo werd de warmte niet buiten gehouden die zich ontwikkelde tussen het raam en de screen tijdens de warme momenten en werd het te warm. Met gesloten screens is er ook weinig verluchting. Nu weten ze al beter hoe ze het koeler kunnen houden.

Hans Vannieuwenhuysse, Aannemer, Lichtervelde, schrijnwerkersbedrijf hout, alu, pvc en EHP

Mr Vannieuwenhuysse bouwde reeds verschillende EPH woningen voor klanten

Hoe kwam u in contact met Ecohomepanel?

Mijn eerste EHP ervaringen waren op Batibouw, mond-aan-mond reclame en de woning van Kurt Ryckeboer.

Wat vindt u van EHP? Gaat u nog woningen bouwen met Ecohomepanel?

Het is een mooi product dat zorgt voor een lagere bouwkost, minder zettingen in het gebouw en een gemakkelijke montage. Ik heb meer vertrouwen in het bouwen met EHP dan in houtskeletbouw. (constructiegemak, luchtdichtheid, ...)

Zijn er bij de woningen die u bouwde specifieke ingrepen ondernomen tegen oververhitting?

Op vlak van het verhinderen van oververhitting zijn het toepassen van ventilatie, screens, overkapping van de ramen (hout of aluminium), ventilatieopeningen in de ramen en zorgen voor inertie binnenin de woning de voornaamste ingrepen. Bij zowel EHP als HSB zijn het plaatsen van massieve dekvloeren, een stenen vloerafwerking en binnenmuren met gipsplaten goeie items om meer inertie te bekomen.

Hebt u verder nog opmerkingen of tips in verband met Ecohomepanel?

Ik zet later zeker een EHP woning voor mezelf, wel met een stalen structuur erin. Ik wil de leidingen en stalen kolommen inwerken in de EHP panelen.

Wim Houthoofd, Ingenieur, Izegem, Advies op maat: stabiliteitsstudie, gericht bouwadvies

Mr. Houthoofd berekent de nodige dimensies voor funderingen, vloerplaten, kolommen en balken. Ook voor EHP berekende hij reeds enkele projecten.

Hoe kwam u in contact met Ecohomepanel?

Een bouwheer laat zijn woning ontwerpen en tekenen door een architect, dit meestal in massiefbouw. Later beslist de bouwheer om dit te wijzigen naar een EHP woning. Hierbij moet de stabiliteit van de woning herbekeken worden en zo word ik gecontacteerd. Als ingenieur stabiliteit probeer ik met de architect en de bouwheer mee te denken op allerlei gebieden zoals bijvoorbeeld technieken, oververhitting, Ik tracht meer te doen dan de dimensies van een balk of kolom uit te rekenen. Naast de stabiliteit van de woning hecht ik ook

belang aan het totaalplaatje. Bijvoorbeeld bij de wijziging van massiefbouw naar bouwen met EHP geeft de architect geregeld te weinig gevolg aan de te nemen ingrepen tegen oververhitting. De stap van massiefbouw naar HSB is kleiner dan naar EHP op vlak van oververhitting.

Als u merkt dat er in een woning oververhitting zal plaatsvinden, welke ingrepen stelt u dan voor?

Bij ingrepen tegen oververhitting zie ik 2 hoofdpunten: als eerste de zon buiten houden met screens, luifels aan de hand van de oriëntatie. Als tweede moet er gelet worden op huishoudtoestellen, verlichting, reflecterende binnenzonwering en voldoende materialen met inertie.

Waar zou u dan materialen met voldoende inertie voorzien?

Er kunnen massieve binnenmuren geplaatst worden of een massieve dekvloer.

Bij het bouwen met EHP en houtskeletbouw is er steeds een houten roostering. Is een massieve dekvloer dan mogelijk?

Jazeker, in Nederland gebeurt dit geregeld. Er moet natuurlijk rekening gehouden worden met de draagkracht van de muren en de overspanning e.d. Ook moet de belasting op de balken tussen twee panelen, waar de tussenvloer aanhangt, berekend worden. Er komt van bovenaf een bepaalde drukkracht maar daarbij komt ook nog een zijdelingse kracht die het risico op knik verhoogt. Er werden reeds testen uitgevoerd door het WTCB op afschuiving, met deze resultaten, alsook eigen ondervindingen, kan rekening gehouden worden. Voor het berekenen van krachten op houten, stalen of betonnen elementen bestaan formules e.d., voor het bouwen met EHP is dit veel beperkter. Het is trouwens een combinatie van twee verschillende, aan elkaar hechtende materialen.

Gaat uw voorkeur uit naar bouwen met EHP of houtskeletbouw?

Ik vraag me soms af waarom mensen voor HSB of voor EHP kiezen. Waarschijnlijk komt dit doordat men rekening wil houden met de ecologische voetafdruk. Bij massiefbouw, bouwen met EHP en houtskeletbouw wordt quasi hetzelfde pakket aan PUR-isolatie gebruikt én bij EHP is er minder verlies/bouwafval. Bouwen met EHP is waarschijnlijk duurzamer omdat de PUR ingesloten zit tussen de cementvezelplaten en er is geen dragend metselwerk nodig...

In Nederland moet een ontwerp of gebouw 50 jaar constructief duurzaam zijn, dat moet je kunnen aantonen. In België is deze regel niet van kracht. In de ene Nederlandse gemeente is men soepeler dan de andere gemeente maar het aantonen is verplicht.

Hebt u nog tips of opmerkingen bij het gebruik van EHP?

Wat ik belangrijk vind is ventilatie/luchtverversing en het onderhoud ervan.

“Hij vertelt me over ventilatie in woningen van vroeger, jaren '60, '70, '80, het probleem vroeger met legionella door de combinatie van warmte en vochtige toevoerlucht en het sick building syndrome.”

Bij het bouwen met EHP wordt een goede luchtdichtheid verkregen, wat een vereiste is bij passiefbouw. In deze woningen rust het verversen van binnenlucht quasi volledig op het ventilatiesysteem. Dit moet dus goed gedimensioneerd én onderhouden worden. Een goed ventilatiesysteem verder ontwikkelen is geen probleem denk ik maar het onderhoud zal nog het grootste probleem zijn.

Ziet u toekomst in het bouwen met EHP?

Het bouwen met EHP zit in de lift, ik zie zeker toekomst in dit bouwsysteem. Het wordt gecontroleerd geproduceerd (in tegenstelling tot de opbouw op de werf), het kan snel opgebouwd worden op de werf, het drukt de bouwprijs doordat er veel minder man uren gepresteerd moeten worden bij deze manier van bouwen en het is een 2in1 systeem, draagstructuur én isolatie in één pakket van 20 cm.

Het is een moduleerbaar bouwsysteem. Eén puntje heb ik wel nog, dat is dat het interessant zou zijn om nog verder te zoeken om (stalen) liggers en kolommen in het paneel te verwerken tot het bekomen van nog meer stabiliteit.

Mr. Verbeke ontwierp zijn eigen passiefkantoor met appartementen, met een E-peil van 13. Hij werkte reeds enkele projecten uit met Ecohomepanel.

Kunt u mij vertellen hoe u het bouwen van uw “passief” kantoor aangepakt hebt?

Het gebouw is gelegen op een hoekperceel en bevat naast een kantoorgedeelte ook twee woongelegenheden. Het bouwvolume bestaat uit drie bouwlagen met een plat dak en twee bouwlagen met een zadeldak dat aansluit op het gabarit van de burens. Als gevelafwerking combineerde ik thermowood met baksteen en natuursteen, vooral om het natuurlijke aspect te benadrukken. Ook koos ik Black Slate, een Braziliaanse leisteen in natuurruwe afwerking.

Het gebouw is een houtskeletbouw. Ik plaatste zelf de leisteen aan de gevels. Hierbij bevestigde ik de aluminium profielen mechanisch op de houtskeletbouw. Nadien kleefde ik natuursteen van een centimeter dik op het aluminium.

Op vlak van duurzame bouwtechnieken maken we gebruik van een ventilatiesysteem D waarvan de warmtewisselaar kan gekoeld worden met koeling uit de grond. De koelte wordt, m.b.v. een spiraalvormig buizensysteem uit socarex, uit de regenwateropslag gehaald. Als koelvloeistof gebruik ik Betaïne, een restproduct dat bij de productie van suiker uit suikerbieten ontstaat. De resultaten en vloeistofeigenschappen van Betaïne zijn gelijkwaardig aan andere koude dragers.

De tussenvloeren van zijn kantoorgebouw zijn opgebouwd uit een houten roostering met daarop OSB-plaat en daarop 2 lagen Fermacell plaat. Om meer massa te verkrijgen kan de Fermacell plaat eventueel vervangen worden door een dunne dekvloer van bijvoorbeeld Groutech. Tussen de roostering werd rotswol isolatie geplaatst.

Hebt u ervaringen en opmerkingen bij het bouwen met Ecohomepanel?

Ik werkte al meerdere ontwerpen uit voor woningen gebouwd met EHP. Al ruime tijd zoek ik mee met Isobar nv naar punten om het product, EHP, te verbeteren. Enkele verbeteringen zijn onder andere het optimaliseren van uitvoeringsdetails, ingeschuimde balken, onderzoeken van mogelijke overspanningen, wijzigen van gegalvaniseerde naar inox bodemprofielen, enz.

Komen klanten naar u met een beslissing die reeds vast staat i.v.m. het bouwen met Ecohomepanel?

Ja, de klant heeft meestal reeds een beslissing genomen op welke manier hij wil bouwen. Als de klant kiest om met EHP te bouwen gaan ze op zoek naar een architect die ook met EHP werkt. Aan hun keuze valt weinig tegen in te brengen, de meeste klanten houden voet bij stuk. “De bouw is een log systeem”, iets nieuws heeft lange tijd nodig om te groeien en zijn kwaliteiten te bewijzen.

Bij het bouwen met Ecohomepanel moeten ingrepen ondernomen worden tegen oververhitting. Hoe pakt u dit aan?

Oververhitting en energiehuishouding is voor mij als architect, gespecialiseerd op laagenergie- en passiefbouw, geen vreemde materie. Ik verkies bij de bouw van een EHP woning om de buitenmuren in EHP panelen te zetten en de binnenmuren in massieve betonstenen. Daarnaast is de glasoppervlakte t.o.v. de muuroppervlakte en het toepassen van free cooling (met ventilatiesysteem D) ook van groot belang. Ook andere ingrepen zoals screens en overkappingen kunnen toegepast worden.

Denkt u dat een combinatie van ingrepen moet of zou 1 goede ingreep voldoende zijn?

1 Ingreep is niet voldoende, het moet een weloverwogen mix zijn van verschillende ingrepen. Zonwerend glas is niet interessant omdat je met dit type glas veel minder zonnearmwinst ontwikkelt in de winter.

Hoe denkt u over de toekomst van Ecohomepanel? Zult u er verder mee werken?

Ja, zeker, ik ben een voorstander van bouwen met EHP. Het betreft een licht bouwsysteem, 1 product met verschillende functies, er wordt geen gebruik gemaakt van folies en tapes zoals bij houtskeletbouw, er is minder werk bij de opbouw in vergelijking met massief- en houtskeletbouw, het is een semi modulair systeem, enz. Een volgend project ligt hier al klaar op mijn kantoor.

Hebt u punten tot verder onderzoek i.v.m. oververhitting? Is het bijvoorbeeld voor u als architect haalbaar en het resultaat kwalitatief genoeg om telkens alle gegevens in de EPB-software in te geven om de kans en hoeveelheid oververhitting te onderzoeken van een gebouw?

In mijn architectenbureau wordt vooral getekend met Autocad, voor presentaties wordt Sketchup gebruikt. Als EPB-verslaggever gebruik ik geregeld de EPB-software. Deze software vind ik vergaand en gedetailleerd genoeg om oververhitting van een ontwerp te analyseren. De PHPP-software (Passive House Planning Package of PassiefHuis Projecterings Pakket) is nog meer gedetailleerd.

Herlinde Gryp, Architect, Kortemark, woningbouw nieuw- en herbouw, expert onroerende goederen, energieverslaggeving

Mevrouw Gryp werkt vooral met het traditionele bouwsysteem. Ze heeft geen ervaring met EHP.

Ik had geen gesprek met mevrouw Gryp, ze antwoordde via mail op volgende vragen:

Kent u Ecohomepanel, heeft u er al mee gewerkt?

Ikzelf heb nog nooit gewerkt met Ecohomepanel. Ik heb wel eens gewerkt met isolatiepanelen op het dak. De overige woningen zijn allemaal op een traditionele manier ontworpen en gebouwd met een dakconstructie waar isolatiewol wordt tussen geplaatst.

Doordat er meer en meer geïsoleerd wordt moet er aandacht besteed worden aan zomercomfort, het verhinderen van oververhitting. Welke ingrepen past u vaak toe?

Om oververhitting te voorkomen wordt er soms met grote oversteken gewerkt. Wij wonen echter nog in een klassieke omgeving waar de bouwheer nog veel vraagt om rolluiken te voorzien. Dus daarmee is de oververhitting vlug opgelost.

Ziet u toekomst in het product? Zou u ermee werken?

Een volledige woning plaatsen met Ecohomepanel zie ik mij nog niet direct doen. Ik stel mij al vlug de vraag naar stabiliteit en duurzaamheid.

Heeft u naast traditioneel bouwen al gewerkt met houtskeletbouw?

Wij leven ook in een vochtige omgeving. Houtskeletbouw is hier nog niet zo ingeburgerd. Hout moet ingevoerd worden, bakstenen worden hier ter plaatse nog gemaakt.

Hebt u verder nog opmerkingen over mijn onderzoek naar oververhitting?

De meeste problemen die wij tegenkomen hebben niets te maken met isolatie maar wel met vochtigheid en regeninslag. Ventilatie is dus zeer noodzakelijk wat betreft schimmelvorming. De woning moet waterdicht gemaakt worden. Regen en wind geven via een lek soms problemen die na jaren zichtbaar zijn en niet meteen na het bouwen.

Mevrouw Dewanckele heeft geen ervaring met Ecohomepanel en kent het product niet. Ik contacteerde haar omdat ze een Energiebewust Architect is.

Mevrouw Dewanckele vroeg me hoe ik bij haar terecht kwam. Ik zei dat ik enkele energiebewuste architecten contacteerde. Mevrouw Dewanckele zei toen het volgende:

“Het label EA stelt niet veel voor”. Toen dit label op de markt kwam was er een bepaald budget voorhanden van de Vlaamse Overheid. Door de grote interesse bij de architecten konden ze niet allemaal deelnemen aan de opleiding en was het budget te krap geworden. Zo werd de inhoud beperkt tot de basis.

Hebt u reeds ervaring met het bouwen met Ecohomepanel? Kent u het product?

Ik heb geen ervaring met EHP. (Na het doornemen van enkele folders ziet ze enkele voordelen in het paneel.) Het is een droog bouwsysteem met een veel kortere bouwtijd dan het traditionele bouwsysteem. Er is een doorlopende isolatieschil en luchtdichtheid kan op een relatief simpele manier bekomen worden. Wat ik me afvraag is hoe het thermisch en akoestisch comfort gegarandeerd kan worden. Ook het bevestigen van bijvoorbeeld een wandmeubel of lavabo aan de wand stel ik in vraag. Het paneel is volledig dampdicht, treed dan geen inwendige condensatie op?

Over het algemeen wordt er hier gewerkt met het traditionele bouwsysteem, massiefbouw. Eén keer werd een bovenverdieping van een woning in houtskeletbouw geplaatst. Hierbij viel op dat het E-peil van een volledige massieve opbouw merkkelijk hoger lag dan met een opbouw in houtskeletbouw.

Kunt u me iets meer vertellen over uw manier van bouwen?

Het bureau werkt standaard met 14 cm PUR voor vloer, wand en plat dak. In een zadeldak wordt 23 cm minerale wol verwerkt. De ventilatie is C+ of D, vraag gestuurd (RV en T). Verwarmen gebeurt met een klassieke condenserende gaswandketel. Als er geen gas voorhanden is wordt er gewerkt met een warmtepomp, systeem lucht-water of grond-water met verticale boringen rond het huis. We stellen bij het gebruik van een warmtepomp telkens het gebruik van fotovoltaïsche panelen voor aan de klant. Dit om o.a. het energieverbruik van de warmtepomp te compenseren. Een extra kost voor het plaatsen van een zonneboiler vind ik niet interessant, er wordt meestal gekozen om het warme water te voorzien met de gaswandketel omdat deze ketel toch al aanwezig is en het zo voordelig uitkomt.

Welke ingrepen past u toe om oververhitting te verhinderen?

Een ingreep tegen oververhitting is het plaatsen van luifels. Soms wordt het plat dak doorgetrokken zodat die schaduw creëert boven het raam. Een referentie hierbij is de Braambeier in Zedelgem. Aangezien dit een project is voor de openbare sector moest 2% van de prijs besteed worden aan kunst. Hierbij werd kunst en zonwering in één gegoten en worden braamblaadjes (metaal) als zonwering gebruikt. Deze werden geuptuned door een kunstenaar.

De ingreep tegen oververhitting om meer inert materiaal te voorzien in de vloer vind ik niet doeltreffend genoeg. Dit omdat het grootste deel van het inerte materiaal zich onder de isolatie en onder de vloerverwarming bevindt. Ik vind ingrepen m.b.t. de beglaasde oppervlakten, de oriëntatie en ook het esthetische comfort meer doeltreffend. Qua technieken zijn de beste ingrepen volgens mij een warmtepomp gecombineerd met fotovoltaïsche panelen en een adequaat ventilatiesysteem.

Ziet u toekomst in Ecohomepanel? Zou u ermee werken?

Een woning ontwerpen met EPH zie ik zitten, mits ondersteuning van de producent. Dit bij het omzetten van een traditioneel ontwerp naar een EHP plan, vooral op vlak van draagkracht, overspanningen, uittekenen van de aangepaste plannen e.d.

Is het voor u als architect haalbaar en het resultaat kwalitatief genoeg om telkens alle gegevens in de EPB software in te geven om de kans en hoeveelheid oververhitting te onderzoeken van een gebouw?

Ik ondervind geen probleem. Wat ik bijvoorbeeld wel doe is bij het toepassen van screens de waarde bij ontstentenis nemen.

Hebt u verder nog opmerkingen die aansluiten bij mijn onderzoek naar oververhitting?

Bij het energiezuinige verhaal moet opgelet worden voor ingrepen die al bij al toch niet zo ecologisch/duurzaam zijn. Een voorbeeld zijn pellets. Deze zouden geproduceerd zijn met houtafval en zaagsel. Is dit zo? Wat met het vervoer? Ook de opslagplaats die nodig is voor de pellets...

Rond de isolatiematerialen PIR en PUR zijn de laatste jaren beweringen dat het een schadelijk product is, bij het aanbrengen (gespoten PUR) maar ook op lange termijn. Het wordt zelfs het nieuwe asbest genoemd. Wat is uw mening daarover?

Ik denk dat dit niet zo schadelijk is. Enkel bij het aanbrengen moet zeker een dag gewacht worden met het betreden van de ruimte mits het toepassen van voldoende ventilatie. Ik zag ooit een arbeider op de werf zijn boterhammen opeten terwijl hij een PUR isolatielaag op de vloer aan het spuiten was. Dit is zeker niet ok. Producenten werken voldoende aan de samenstelling van het isolatiemateriaal zodat dit op vele vlakken verbetert.

In enkele expertisegevallen kwam ik wel in contact met isolatiepanelen die opkrulden of niet maatvast waren. Dit ligt waarschijnlijk aan de productie, ieder materiaal heeft wel eens zijn afwijking tijdens de productie.

Els Staessens, Ingenieur Architect, Gent, zaakvoerder van Robuust architectuur & onderzoek

Kent Ecohomepanel, werkte reeds met sandwichpanelen, gespecialiseerd in passiefwoningen.

Ik contacteerde mevrouw Staessens aan de hand van artikels uit het magazine "Ik ga bouwen"

Kent u Ecohomepanel, heeft u er al mee gewerkt?

Ja ik ken Ecohomepanel. We hadden plannen en stappen gezet om ermee te werken maar het sleepte heel lang aan. Het was moeilijk om een geschikte aannemer te vinden die EHP kent en het overleg verliep moeizaam.

Wat vindt u van Ecohomepanel? Ziet u toekomst in het product?

Het voordeel van een woning gebouwd met EHP is dat het snel opwarmt maar ook snel afkoelt. Het bezit massa, de cementvezelplaat, langs beide kanten waardoor er een kleine faseverschuiving ontstaat.

Een studie uit Boston over massief passief t.o.v. houtskeletbouw zegt dat thermische massa een oplossing is tegen oververhitting maar niet alleen massa. Er moeten ook nog andere ingrepen toegepast worden.

Welke ingrepen past u nog toe om oververhitting te verhinderen?

Ramen moeten voldoende geopend kunnen worden, ze moeten goed gepositioneerd zijn, de woning moet goed geventileerd kunnen worden, vooral doorventileren, thermische trek kunnen toepassen is belangrijk.

Er moet aandacht geschonken worden aan goed isoleren. Een voorbeeld is een plat dak geconstrueerd met betonnen gewelven. Hierop ligt meestal een laag PUR en een EPDM-folie. Doordat deze folie zwart is wordt er veel warmte ontwikkeld als de zon erop schijnt, tot 80 à 90 °C zonder probleem. Deze warmte slaat gewoon door de PUR. De PUR isolatie houdt dit niet tegen. Het is beter om een zwaardere isolatie te plaatsen. Voorbeelden hiervan zijn cellulose of minerale wol in plaatvorm. Bij het gebruik van PUR is er nog een bijkomend probleem dat, door de aluminium bevattende folie aan beide zijden van het paneel, de gsm ontvangst binnen in de woning wordt beperkt. Er wordt als het ware een kooi van Faraday gecreëerd.

Een ingreep die zeer belangrijk is, is zonwering. We passen veel vaste zonwering toe, alsook screens, dan wel automatisch gestuurd. Deze moeten automatisch gestuurd worden want als de bewoner niet thuis is en in de namiddag wordt het zonnig, is er niemand om de screens te sluiten, met als gevolg: kans op oververhitting. Het grote nadeel van screens is dan wel het belemmeren van het zicht. Als dit een probleem vormt kunnen luifels of overkappingen een oplossing bieden. Dit heeft dan weer een grotere visuele impact op de vormgeving van het ontwerp.

Van zonwerend glas, dus met een betere zonnefactor, ben ik geen voorstander. Het is ook EPB overschat.

Ik las onlangs een artikel over een project van Robuust Architecten in Houthulst. Het is een woning gebouwd met sandwichpanelen, PUR bekleed met staalplaat. Dit lijkt op het bouwen met Ecohomepanel.

Ja inderdaad. De bouwheer had een duidelijke voorkeur voor deze manier van bouwen en de ermee gepaard gaande materialen.

Het dak van deze woning bestaat bijvoorbeeld uit sandwichpanelen, staalplaat-PUR-staalplaat, met daarop 10 cm minerale wol.

De voorkant van de woning is zuid georiënteerd, waardoor de leefruimtes op de bovenverdieping gesitueerd zijn. Zo kan er maximaal genoten worden van de zuiderzon en het uitzicht, zonder een probleem te hebben i.v.m. privacy. De oversteek aan het grote raam aan de zuidkant is 1m20. Dit zorgt voor weinig binnenvallende zon in de zomer en diep binnenvallende zon in de winter. Er is een voorziening om een screen te installeren maar daar hebben de bewoners blijkbaar geen nood aan.

Rond de isolatiematerialen PIR en PUR zijn de laatste jaren beweringen dat het een schadelijk product is, bij het aanbrengen (gespoten PUR) maar ook op lange termijn. Het wordt zelfs het nieuwe asbest genoemd. Wat is uw mening daarover?

PUR in situ gespoten is schadelijk, dit is te vermijden. In fabrieksomstandigheden is dit een gecontroleerd proces maar op de werf komen die gassen vrij in de lucht met alle gevolgen van dien. Het is ook een petrochemisch product dus is de grondstof niet onuitputtelijk...

Sandwichpanelen met staal of Ecohomepanel is goed te demonteren. Ook de recyclage is aanvaardbaar omdat de omsluitende plaat en de PUR redelijk scheidbaar is. Bij gespoten PUR op de werf is dat een ander verhaal.

Er zijn wel wat voordelen verbonden aan het in situ spuiten van PUR. Er is een groot prijsverschil tussen gespoten PUR en PUR-platen, met gespoten PUR worden de leidingen direct ingespoten en wordt een vlakke oppervlakte bekomen. Dit alles maakt een verschil uit in prijs voor grondstoffen en man uren...

Voorziet u verder nog ingrepen tegen oververhitting in uw ontwerpen?

Ik voorzie geregeld een warmtepomp, lucht-lucht, gecombineerd met een systeem D balansventilatie met by pass warmtewisselaar. De debieten toegekend door EPB vind ik hoog.

Een Canadese buis, dat is een grondbuis waarin buitenlucht gekoeld of gewarmd wordt, gebruik ik ook. Dat is meestal een buis met een diameter van 200mm, ongeveer 40 m lang.

Een actieve koeling binnen gebruik ik nooit. Ik had ook al één project waarbij een geothermische warmtepomp gebruikt werd. Daarvoor moet wel wat meer budget voorhanden zijn. Het was ook voor een woning waar de comforteis hoger lag, meer luxe, er was vloerverwarming. Hierbij kun je rekenen op 1 à 1,5 kWh per boring.

Ziet u toekomst in het bouwen met EHP? Zou u er nog mee werken?

Ja ik zie toekomst voor Ecohomepanel. Er moet volgens mij wel nog gesleuteld worden aan de manier waarop, met meer aandacht en met een breder netwerk aannemers.

Hebt u verder nog opmerkingen die aansluiten bij mijn onderzoek naar oververhitting?

Ingrepen tegen oververhitting worden best aangepakt bij het ontwerp van een woning, in het beginstadium, architecturaal. Ik probeer zo weinig mogelijk screens te gebruiken, ik probeer ervoor te zorgen dat ik deze niet nodig heb. Een ander voorbeeld is om de slaapkamer van volwassenen in het zuiden te plaatsen, deze worden normaal toch maar 's avonds gebruikt. Voor kinderkamers is dit minder aan te raden, beter niet in het zuiden, omdat deze heel de dag gebruikt kunnen worden.

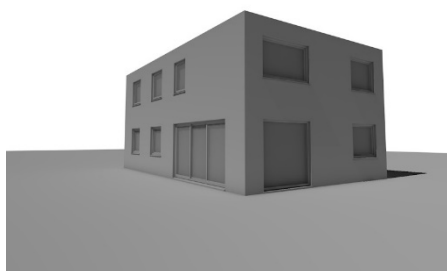
3. ONDERZOEK EN RESULTATEN

Methodologie

In dit hoofdstuk wordt onderzocht wat de invloed is van verschillende ingrepen tegen oververhitting. Hoeveel effect hebben ze op de binnentemperatuur en het binnencomfort en welk kostenplaatje is hieraan verbonden?

Er wordt telkens met dezelfde woning gewerkt waarbij andere ingrepen toegepast worden. Dit maakt het vergelijken van de invloed van de verschillende ingrepen mogelijk. Er worden geen simulaties gemaakt met actieve koeling omdat deze afhankelijk zijn van onder andere de ligging van de woning (grondtype, buitenlucht,...) De woning is gebaseerd op een recent gerealiseerd project gebouwd met Ecohomepanel.

Het betreft een alleenstaande woning gelegen te Oostende. De klimatologische data van Oostende werden in de simulatiesoftware geïmporteerd. De achterkant van de woning is zuid gericht. Rondom de woning bevindt zich geen andere bebouwing of aanplanting.

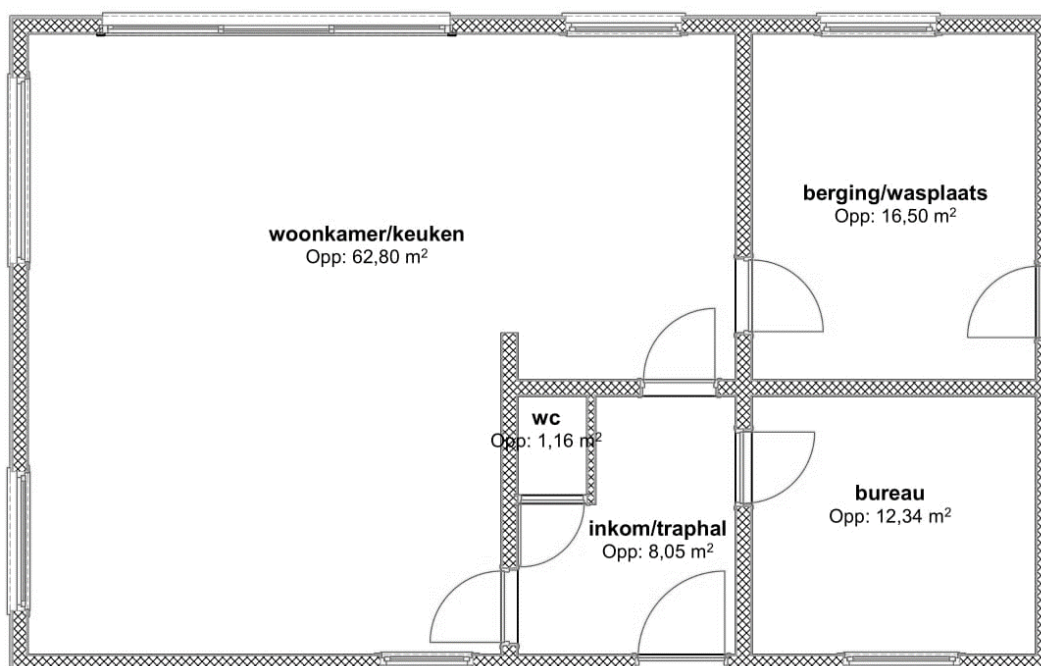


Figuur 34: Beeld van simulatiewoning

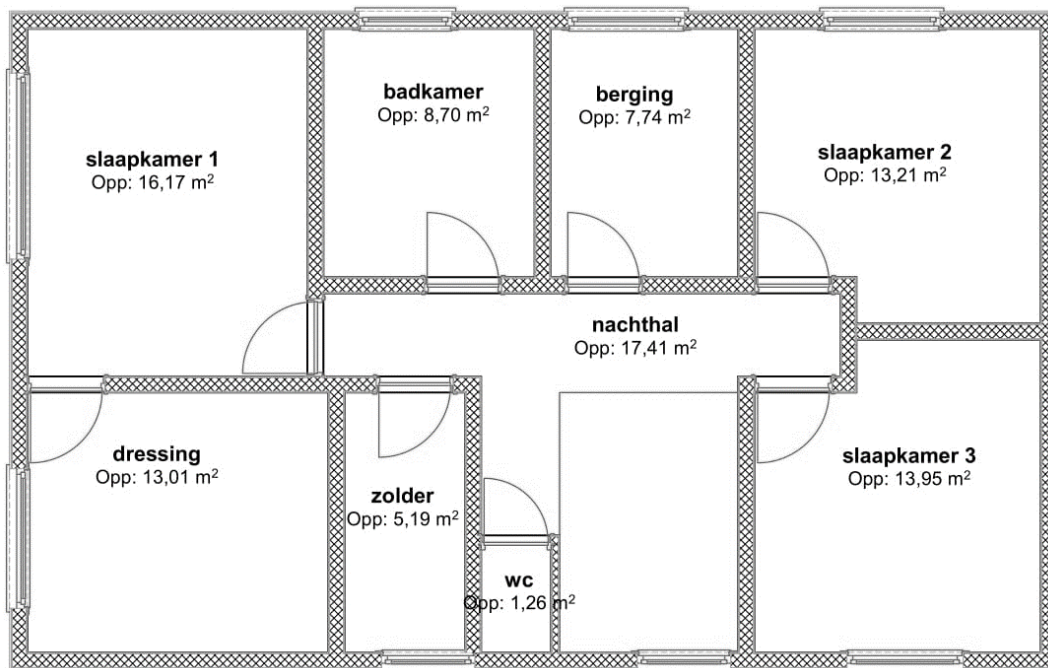
Van iedere ingreep wordt een energieanalyse gemaakt met en zonder verwarming, koeling en ventilatie. Bij de analyse zonder wordt de optie 'nog niet gespecificeerd' toegekend. Dit stelt het programma in de mogelijkheid om de warmte-, koelings- en ventilatievraag te definiëren. Bij de analyse met verwarming, koeling en ventilatie wordt het verbruik weergegeven voor die specifieke simulatie. Zo kan er een energiekost aan gekoppeld worden.

De woning is opgebouwd uit een woonkamer, keuken, berging en wasplaats, inkom- en trappenhall, bureau en wc op de benedenverdieping. Op de eerste verdieping bevinden zich 3 slaapkamers, een berging, een zolder, een dressing, een badkamer en een nachthal.

De bewoonbare oppervlakte van de woning is 197,49 m². Het binnenvolume van de woning is 606,9 m³.



Figuur 35: Grondplan gelijkvloerse verdieping



Figuur 36: Grondplan 1e verdieping

Voor de centrale verwarming werd gekozen voor een wandtoestel met een vermogen van 10 kW met gas als energiebron. Het verbruik van de circulatiepomp wordt op 2% geschat. Met verwarming van water wordt geen rekening gehouden, in deze casestudie wordt geen rekening gehouden met eventuele bewoners en hun waterverbruik e.d. Alle ruimtes, behalve de zolder en de berging, worden verwarmd.

De koelingseenheid is een airco met een vermogen van 4500 Watt. Het vermogen van de circulatiepomp is 70W. De maximum toegelaten relatieve vochtigheid is 80%.

Er is een ventilatie unit voorzien met warmteterugwinning, systeem D. Alle ruimtes behalve, de zolder en de berging, worden gekoeld.

De comforttemperatuur werd verschillend ingesteld voor de thermal blocks.

Vochtige ruimtes (badkamers)	6u tot 22u 22u tot 6u	Min. 20°C / Max. 22°C Min. ∞ / Max. ∞
Ongeconditioneerde ruimtes (zolder, wc's, berging boven)	24u / 24u	Min. ∞ / Max. ∞
Slaapkamers (1, 2, 3, dressing)	6u tot 22u	Min. 18°C / Max. 20°C Min. 15°C / Max. ∞°C
Woonruimtes (woonkamer/keuken, wasplaats/berging, inkom/traphal, bureau, nachthal boven)	6u tot 22u 22u tot 6u	Min. 20°C / Max. 22°C Min. 15°C / Max. ∞°C

Alle ruimtes worden geventileerd met een debiet van 36 m³/h het hele jaar door.

De totale oppervlakte van ramen en glas is:	zuid gericht:	25,54 m ²	
	west gericht:	0 m ²	
	noord gericht:	12,08 m ²	
	oost gericht:	17,33 m ²	Totaal: 54,95 m ²

De U-waarde van de ramen is 1,83 W/m²K. Het zijn ramen van kunststof.

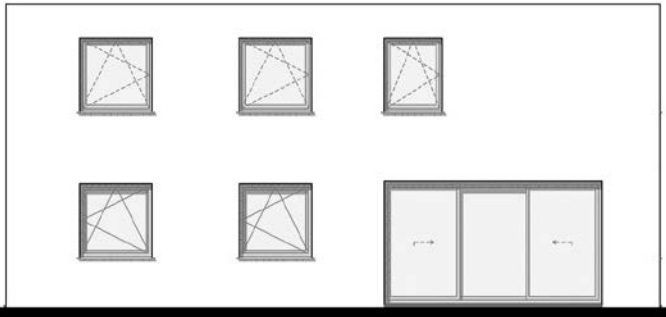
De U-waarde van het glas is 1,10 W/m²K. Het is dubbel glas, argon gevuld, helder, lage energie.

De totale U-waarde van de ramen en het glas varieert van 1,54 tot 1,72 W/m²K.

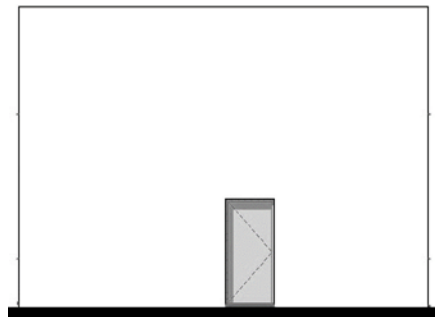
De totale oppervlakte aan deuropeningen is 5,38 m², een voordeur aan de noordkant en een achterdeur aan de westkant.

De U-waarde van de deuren bedraagt 1,83 W/m²K. Het is een kunststof deur zonder transparante openingen.

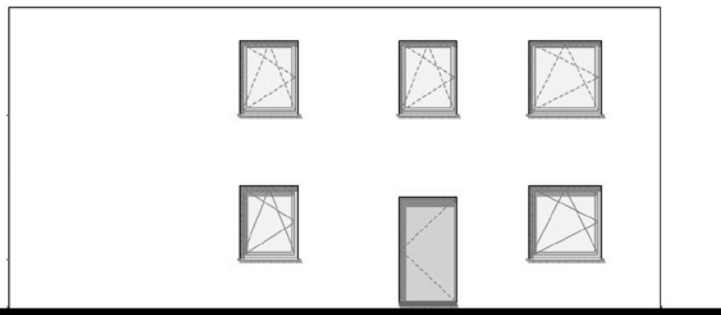
De binnendeuren zijn allemaal houten binnendeuren. De U-waarde is niet van toepassing.



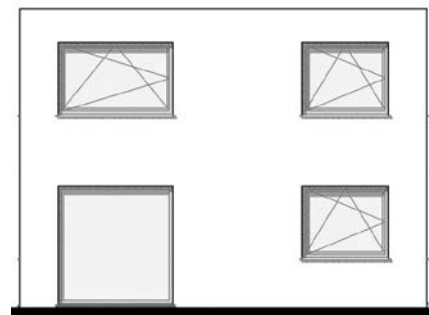
Figuur 38: Achtergevel, zuiden



Figuur 37: Rechtergevel, westen



Figuur 40: Voorgevel, noorden



Figuur 39: Linkergevel, oosten

Opbouw van wand-, vloer- en dakpakketten:

Buitenwanden	Steenstrips 2 cm	Lijm 0,5 cm	Ecohomepanel 20 cm	Binnenpleister 0,5 cm	Totaal 23 cm
λ-waarde [W/mK]	1,3	0,93	0,13	0,5	
Soortelijke massa [kg/m ³]	1750	1900	176,8	1300	
Warmtecapaciteit [J/kgK]	840	840	/	840	
Binnenwanden	Binnenpleister 0,5 cm	Ecohomepanel 10 cm	Binnenpleister 0,5 cm	Totaal 11 cm	
λ-waarde [W/mK]	0,5	0,28	0,5		
Soortelijke massa [kg/m ³]	1300	313,7	1300		

warmtecapaciteit [J/kgK]	840	/	840			
Binnenwanden	Binnenpleister 0,5 cm	Ecohomepanel 20 cm	Binnenpleister 0,5 cm			Totaal 21 cm
λ -waarde [W/mK]	0,5	0,13	0,5			
Soortelijke massa [kg/m ³]	1300	176,8	1300			
Warmtecapaciteit [J/kgK]	840	/	840			
Vloerpakket 1^o verdieping	Parketvloer 1,5 cm	Ondervloer 0,5 cm	OSB platen 2,2 cm	Rotswol tussen houten roostering 25,4 cm	Houten plafond 6 cm	Totaal 35,6 cm
λ -waarde [W/mK]	0,17	0,05	0,13	0,038	0,17	
Soortelijke massa [kg/m ³]	800	120	650	14,5	800	
Warmtecapaciteit [J/kgK]	1880	1300	1700	1030	1880	
Plat dak	Epdm folie 3 mm	Dakpaneel 20 cm	Luchtlaag 10 cm	Gipsplaat 2 cm		Totaal 32,3 cm
λ -waarde [W/mK]	0,26	0,12	0,15	0,23		
Soortelijke massa [kg/m ³]	860	428	1,2	800		
Warmtecapaciteit [J/kgK]	1880	/	1008	840		
Vloerpakket op volle grond	Keramische tegels 2 cm	Cementchape 8,5 cm	PIR vloerisolatie 2 x 7 cm	Cementchape 6 cm	Gewapend beton 20 cm	Totaal 50,5 cm
λ -waarde [W/mK]	1,3	0,93	0,023	0,93	2,5	
Soortelijke massa [kg/m ³]	2000	1900	40	1900	2400	
Warmtecapaciteit [J/kgK]	840	840	1470	840	1000	

Verschillende ingrepen worden gecombineerd om tot een beter resultaat te komen op vlak van thermisch comfort. Daarna vindt u een samenvattende tabel waar de meest belangrijke resultaten overzichtelijk samengevoegd zijn. De fiches van de energieanalyses per ingreep vindt u terug in bijlage achteraan dit werk.

Simulatiesoftware

De energieanalyse werd uitgevoerd met het programma Ecodesigner STAR. Dit is een plug-in voor Archicad 19 van het bedrijf Graphisoft.

EcoDesigner STAR is een energieanalyse instrument waarmee je toezicht houdt op en controle hebt over alle ontwerpparameters die van invloed zijn op de energieprestatie van gebouwen. EcoDesigner STAR's rekenkern is LEED en BREEAM gecertificeerd. De berekeningen worden dynamisch uitgevoerd op basis van fysieke eigenschappen en knooppuntberekeningen direct binnen een BIM model.

EcoDesigner STAR bevat een zeer snelle rekenkern en kan alle soorten BIM en CAD bestanden inlezen waaronder IFC maar ook native ARCHICAD, SketchUp, DWG etc.



Analyses met de EcoDesigner STAR rekenkern voldoen aan ANSI / ASHRAE Standard 140 - 2007 Standard Methode voor de bepaling van Building Energy Analysis computerprogramma's. Deze testmethode is de industriestandaard voor de kwaliteitsborging van nauwkeurigheid van simulaties. Geaccepteerd door de belangrijke duurzaam bouwen certificeringen wereldwijd, waaronder LEED, BREEAM, Green Star, DGNB en CASBEE, evenals de meeste nationale normen welke dynamische simulaties onderschrijven.

EcoDesigner STAR geeft gedetailleerde rapporten over de verschillende, energie gerelateerde kenmerken van de individuele thermische blokken, waaronder HVAC ontwerp gegevens om installatiesystemen te dimensioneren (energievraagberekening), thermische sleutelwaarden, dagelijkse temperatuurprofielen en energiebalans per thermisch blok.

(Kubus BV, 2016)

Resultaten van de simulatie

3.1 EHP woning zonder ingrepen

Bij deze simulatie onderzoeken we de warmte- en koeltevraag bij de woning zoals die toegelicht is bij het punt “methodologie” hierboven. Dit zijn gegevens van de standaard woning zonder ingrepen.

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		9 318,3
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		7 911,9
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		87
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		1 251,4
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		13
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	2 257	70
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 314	353
<i>Zonne energie in kWh</i>		6105,6

De simulatiefiches met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

Bijlage 1: resultaten van de simulatie 3.1 voor de EHP woning zonder ingrepen en zonder technieken op pagina 87.

Bijlage 2: resultaten van de simulatie 3.1 voor de EHP woning zonder ingrepen en met technieken op pagina 92.

Uit deze eerste simulatie kunnen we afleiden dat de koelvraag ongeveer 1/8 is en dat de warmtevraag 7/8 is.

Op jaarbasis (8760 uren) bevindt de temperatuur zich gedurende 2257 uren per jaar boven de comforttemperatuur zonder ingrepen tegen oververhitting. Dat is 25,7 % van een jaar.

Op jaarbasis (8760 uren) bevindt de temperatuur zich gedurende 5314 uren per jaar onder de comforttemperatuur zonder ingrepen tegen oververhitting. Dat is 60 % van een jaar.

We zien ook dat er, bij het gebruik van technieken, gedurende 376,5 uren per jaar niet voldaan is aan de comforttemperatuur. De oorzaak hiervan ligt niet bij het gebrek aan vermogen van het verwarmings- of koeltoestel. Dit is de tijdsduur waarbij de temperatuur overgaat van een hogere gevraagde waarde naar een lagere of andersom. M.a.w. als de comforttemperatuur vanaf 6 uur 's morgens op 20°C ingesteld is, begint dan pas, vanaf 6 uur, de temperatuur te stijgen tot bijvoorbeeld 7 uur. Dan pas wordt de comforttemperatuur bereikt. Gedurende dit uur is de comforttemperatuur niet bereikt.

Het verschil tussen “het aantal uur boven de comforttemperatuur” en “aantal uren onder de comforttemperatuur” komt van het feit dat er:

- meer uren zijn waarbij de temperatuur moet stijgen, waarbij de temperatuur moet verwarmd worden, waarbij de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt.
- minder uren zijn waarbij de temperatuur moet dalen, waarbij de temperatuur moet gekoeld worden, waarbij de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt.

Op de simulatiefiches achteraan deze studie, in bijlage, vindt u ook gegevens terug over de ventilatie. Deze neem ik niet mee in beschouwing omdat deze constant is. Ik stelde het debiet in op 36m³/h per persoon, wat het standaarddebiet is voor hygiënische ventilatie.

3.2 EHP woning met een houten vloer op de benedenverdieping

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		9 347,5
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		7 887,5
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		86
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		1 305
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		14
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	2 253	72
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 305	360
<i>Zonne energie in kWh</i>		6 105,6

De simulatiefiles met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

Bijlage 3: resultaten van de simulatie 3.2 voor de EHP woning met houten vloer op de benedenverdieping zonder technieken op pagina 97.

Bijlage 4: resultaten van de simulatie 3.2 voor de EHP woning met houten vloer op de benedenverdieping met technieken op pagina 102.

In vergelijking met de standaardsimulatie wordt hier zonder technieken 29,9 kWh per jaar energie meer verbruikt. Er zijn 4 uren per jaar minder waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 9 uren per jaar minder waar die zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert een klein beetje de oververhitting en zorgt er voor dat het een klein beetje minder te koud is zonder technieken.

Deze ingreep kost € 14 minder aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

De materiaalkost is het prijsverschil tussen de keramische tegelvloer en het parket. Voor keramische tegels (gelijmd) met plaatsing wordt € 105/m² gerekend (tegels € 62,5/m² en plaatsing € 42,5/m²), voor een parketvloer (gelijmd) met plaatsing wordt € 110/m² gerekend (parket € 72,5/m² en plaatsing € 42,5/m²).

Deze prijzen variëren sterk waardoor kan gesteld worden dat voor dezelfde prijs een parketvloer of keramische vloer geplaatst kan worden. (prijzen van livios.be)

Vloeropbouw:

Vloerpakket benedenverdieping houten vloer	Parketvloer 2 cm	Cementchape 8,5 cm	PIR isolatie 2 x 7 cm	Cementchape 6 cm	Gewapend beton 20 cm	Totaal 50,5 cm
λ-waarde [W/mK]	0,17	0,93	0,023	0,93	2,5	
Soortelijke massa [kg/m³]	800	1900	40	1900	2400	
Warmtecapaciteit [J/kgK]	1880	840	1470	840	1000	

Bij het plaatsen van een houten vloer op de benedenverdieping wordt het effect bekomen dat de massa van de dekvloer op de benedenverdieping veel minder aanspreekbaar wordt. De resultaten van de simulatie wijken zeer weinig af van de simulatie bij de standaardwoning. De kostprijs van de ingreep brengt geen meer- of minprijs met zich mee. Dit lijkt me een oninteressante ingreep.

3.3 EHP woning waarbij de isolatie zich onder de vloerplaat bevindt

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		9 226,3
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		7 987,2
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		87
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		1 239,1
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		13
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	2 244	70
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 329	358
<i>Zonne energie in kWh</i>		6074,8

De simulatiefiles met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

Bijlage 5: resultaten van de simulatie 3.3 voor de EHP woning waarbij de isolatie zich onder de vloerplaat bevindt zonder technieken op pagina 106.

Bijlage 6: resultaten van de simulatie 3.3 voor de EHP woning waarbij de isolatie zich onder de vloerplaat bevindt met technieken op pagina 112.

In vergelijking met de standaard simulatie wordt hier zonder technieken 92 kWh energie per jaar minder verbruikt. Er zijn 15 uren per jaar minder waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 15 uren per jaar meer waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert de oververhitting maar zorgt er wel voor dat het meer te koud is zonder technieken.

Deze ingreep kost € 11 minder aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

De materiaalkost voor deze ingreep is het wegvallen van de cementchape van 6 cm dikte en het bijkomen van een EPDM-folie van 1,3 mm. De cementchape beslaat een oppervlakte van 105 m², voor de EPDM-folie wordt een oppervlakte van 120 m² genomen. De minprijs voor de chape is €13/m² x 105 m² = € 1365. De meerprijs voor EPDM-folie is € 12/m² x 120 m² = € 1440. Dit maakt een meerprijs voor deze ingreep van € 75. (prijzen van livios.be)

Vloerpakket benedenverdieping	Keramische tegels 2 cm	Cementchape 8,5 cm	Gewapend beton 20 cm	PIR isolatie 2 x 7 cm	Epdm folie 1,3mm	Totaal 44,8 cm
λ-waarde [W/mK]	1,3	0,93	2,5	0,023	0,26	
Soortelijke massa [kg/m³]	2000	1900	2400	40	860	
Warmtecapaciteit [J/kgK]	840	840	1000	1470	1880	

Deze ingreep, de isolatie onder de vloerplaat plaatsen, zodat er meer inert materiaal beschikbaar komt, heeft maar een zeer kleine impact op het energieverbruik en levert een kleine meerprijs op. Dit lijkt me een oninteressante ingreep.

3.4 EHP woning met massieve betonnen binnenmuren

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		10 176,6
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		8 977,9
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		90
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		1 043,7
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		10
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	2 037	2
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 767	210
<i>Zonne energie in kWh</i>		6 104,7

De simulatiefiles met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

Bijlage 7: resultaten van de simulatie 3.4 voor de EHP woning met massieve betonnen binnenmuren zonder technieken op pagina 117.

Bijlage 8: resultaten van de simulatie 3.4 voor de EHP woning met massieve betonnen binnenmuren met technieken op pagina 122.

In vergelijking met de standaardsimulatie wordt hier zonder technieken 858,3 kWh per jaar meer energie verbruikt. Er zijn 220 uren per jaar minder waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en 453 uren per jaar meer waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert de oververhitting maar zorgt er wel voor dat het meer te koud is zonder technieken.

Deze ingreep kost € 50 meer aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

Het plaatsen van binnenwanden in betonstenen, een gelijkwaardige isolatielaag, een pleisterlaag aan beide kanten en isolerende steen kost:

107,94 m ² volle betonsteen 290 x 190 x 190mm: 107,94 m ² x € 79,80/m ² =	€ 8 613,61
12,06 m ² cellenbeton (isolerende steen) 600 x 250 x 200mm: 12,06 m ² x € 58,6/m ² =	€ 706,72
107,94 m ² PUR-isolatie 17,4 cm (2 x 9 cm): 107,94 m ² x € 19,91/m ² =	€ 2 149,08
107,94 m ² plaatsing PUR-isolatie: 107,94 m ² x € 25,00/m ² =	€ 2 698,5
215,88 m ² binnenbepleistering: 215,88 m ² x € 22,70/m ² =	€ 4 900,48
48,27 m waterkerende folie:	€ 50
7,4 m ² volle betonsteen 290 x 90 x 190mm: 7,4 m ² x € 53/m ² =	€ 392,2
0,6 m ² cellenbeton (isolerende steen) 600 x 250 x 100mm: 0,6 x € 58,5/m ² =	€ 35,1
7,4 m ² PUR-isolatie 8 cm (2 x 4 cm): 7,4 m ² x 19,91/m ² =	€ 147,33
7,4 m ² plaatsing PUR-isolatie: 7,4 m ² x € 25,00/m ² =	€ 185
14,8 m ² binnenbepleistering: 14,8 m ² x € 22,70/m ² =	€ 335,96
2,4 m waterkerende folie:	€ 5
TOTAAL:	€ 20 218,98

Het plaatsen van de binnenwanden in Ecohomepanel, naden opgevoegd aan de beide kanten kost:

120 m ² Ecohomepanel 20 cm dikte afgewerkt: 120 m ² x € 138/m ² =	€ 16 560
215,88 m ² opvoegen van de naden: 215,88 m ² x € 5/m ² =	€ 1 079,4
48,27 m gegalvaniseerd vloermontageprofiel breedte 202mm: 48,27 m x € 7,6/m =	€ 366,85
8 m ² Ecohomepanel 10 cm dikte: 8 m ² x € 120/m ² =	€ 960
14,8 m ² opvoegen van de naden: 14,8 m ² x € 5/m ² =	€ 74
2,4 m gegalvaniseerd vloermontageprofiel breedte 102mm: 2,4 m x €4,41/m =	€ 10,58
TOTAAL:	€ 19 050,83

(prijzen van livios.be en Ecohomepanel)

Bij het plaatsen van de binnenwanden in betonstenen werd ook hetzelfde isolatiepakket als bij het overeenkomend Ecohomepanel bijgerekend. Zo kunnen beide wanden vergeleken worden (zelfde R-waarde).

Tussen de vloerplaat en de betonstenen werd een isolerende steen uit cellenbeton voorzien, bij EHP is dit niet nodig. Bij EHP worden vloermontageprofielen bijgerekend, bij de wand met betonstenen een waterkerende folie.

Het prijsverschil bedraagt € 1 168,15 in het voordeel van EHP. Daarbij komt ook nog dat er geen droogtijd is bij het bouwen met EPH, een lagere funderingskost, EHP-wanden kunnen veel sneller geplaatst worden en er moeten geen leidingen ingeslepen worden in de wanden omdat er reeds leidingkokers voorzien zijn in de panelen.

Het "gebrek aan massa" bij EHP zorgt ervoor dat EHP € 50 meer aan energie kost per jaar, de materiaalkost is wel € 1 168,15 minder. Als we het verschil van binnenwanden geconstrueerd met EHP en met betonsteen hier omrekenen zijn de wanden met betonsteen pas na 23,5 jaar terugverdiend, wat niet interessant is.

De ingreep waarbij binnenmuren allemaal geconstrueerd worden met beton is tot het bekomen van meer massa, meer materiaal met inertie. Er is een aanzienlijk meerverbruik van energie. De ingreep zorgt wel voor iets minder oververhitting. Deze ingreep, het plaatsen van massieve betonnen binnenwanden is een oninteressante ingreep.

3.5 EHP woning met een massieve dekvloer op de eerste verdieping

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		9 897,3
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		8 528,2
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		88
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		1 214,1
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		12
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	2 013	48
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 511	378
<i>Zonne energie in kWh</i>		6 105

De simulatiefiles met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

Bijlage 9: resultaten van de simulatie 3.5 voor de EHP woning met een massieve dekvloer op de eerste verdieping zonder technieken op pagina 127

Bijlage 10: resultaten van de simulatie 3.5 voor de EHP woning met een massieve dekvloer op de eerste verdieping met technieken op pagina 132

Bij deze ingreep wordt een massieve dekvloer geplaatst op de houten roostering van de eerste verdieping. In vergelijking met de standaardsimulatie wordt hier zonder technieken 579 kWh per jaar meer energie verbruikt. Er zijn 244 uren per jaar minder waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 197 uren per jaar meer waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert de oververhitting maar zorgt er wel voor dat het meer te koud is zonder technieken.

Deze ingreep kost € 22 meer aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

De kost van de ingreep is het verschil tussen de kosten voor de cementchape met keramische tegels en de kosten voor een houten beplating, ondervloer en houten vloerafwerking.

De kosten voor het plaatsen van een massieve dekvloer met keramische tegels is:

- 105 m² cementchape 8 cm dikte met wapeningsnet 50x50x2mm: 105m² x €18,50/m² = € 1 942,5
 - 105 m² keramische tegelvloer: 105 m² x € 105/m² = € 11025
- Totaal: € 12 967,5

De kosten voor het plaatsen van een houten vloer is:

- 105 m² ondervloer 0,5 cm dikte: 105 m² x €8/m² = € 840
 - 105 m² houten vloer 1,5 cm zwevend: 105 m² x € 65/m² = € 6825
- Totaal: € 7665

Vloerpakket 1 ^o verdieping	Keramische tegel 2 cm	Cement chape 8 cm	OSB platen 2,2 cm	Rotswol tussen houten roostering 25,4 cm	Houten plafond 6 cm	Totaal 43,6 cm
λ-waarde [W/mK]	1,3	0,93	0,13	0,038	0,17	
Soortelijke massa [kg/m³]	2000	1900	650	14,5	800	
Warmtecapaciteit [J/kgK]	840	840	1700	1030	1880	

Deze ingreep waarbij er meer inert materiaal toegevoegd werd zorgt voor minder oververhitting maar wel meer energieverbruik voor verwarming. De invloed op energie en oververhitting t.o.v. de meerkost van € 5 302,5 is niet in evenwicht. Daarom is dit geen interessante ingreep.

3.6 EHP woning met massieve binnenmuren en een massieve dekvloer op de eerste verdieping

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		10 016,7
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		8 858,7
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		90
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		1 003
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		10
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	1 896	47
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 472	381
<i>Zonne energie in kWh</i>		6 105,1

De simulatiefiles met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

Bijlage 11: resultaten van de simulatie 3.6 voor de EHP woning met massieve binnenmuren en een massieve dekvloer op de eerste verdieping zonder technieken op pagina 137.

Bijlage 12: resultaten van de simulatie 3.6 voor de EHP woning met massieve binnenmuren en een massieve dekvloer op de eerste verdieping zonder technieken op pagina 142.

In vergelijking met de standaard simulatie wordt hier zonder technieken 698,4 kWh per jaar meer verbruikt. Er zijn 361 uren per jaar minder waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 158 uren per jaar meer waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert de oververhitting maar zorgt er wel voor dat het meer te koud is zonder technieken.

Deze ingreep kost € 32 meer aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

Het plaatsen van betonnen binnenmuren i.p.v. muren van Ecohomepanel is een meerkost van € 1 168,15. Zie berekening bij simulatie 3.4.

Het plaatsen van een massieve dekvloer op de eerste verdieping geeft een meerkost van € 5 302,5. Zie berekening bij simulatie 3.5.

Deze ingreep heeft een meerprijs van € 6 470,65.

Bij deze ingreep wordt de combinatie gemaakt van de ingrepen massieve binnenmuren én een massieve dekvloer op de eerste verdieping. Het brengt een grote meerkost met zich mee, niet alleen op vlak van energieverbruik maar ook op vlak van materialen. Dit is dus geen interessante ingreep.

3.7 Traditioneel massieve gemetste woning

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		11 701,2
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		10 700,2
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		93
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		846
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		7
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	1 696	23
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 715	389
<i>Zonne energie in kWh</i>		6 104,3

De simulatiefiles met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

Bijlage 13: resultaten van de simulatie 3.7 voor de traditioneel massieve gemetste woning zonder technieken op pagina 147.

Bijlage 14: resultaten van de simulatie 3.7 voor de traditioneel massieve gemetste woning zonder technieken op pagina 152.

In vergelijking met de standaardsimulatie wordt hier zonder technieken 2382,9 per jaar kWh meer verbruikt. Er zijn 561 uren per jaar minder waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 401 uren per jaar meer waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert de oververhitting maar zorgt er wel voor dat het meer te koud is zonder technieken.

Deze ingreep kost € 147 meer aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

De kostprijs aan materialen voor de ingreep haal ik uit bedragen (prijs/m²) die terug te vinden zijn in het infoboekje van Ecohomepanel. Hierin wordt ook een EHP woning vergeleken met een massieve passieve woning.

	Ecohomepanel	Traditioneel massief passief
Kostprijs afgewerkte buitenmuur	€ 261 /m ²	€ 295 /m ²
Woning 165,23 m² buitenmuren	€ 43 125,03	€ 48 742,85
Kostprijs afgewerkte binnenmuur	€ 138 /m ²	€ 202 /m ²
Woning 213,66 m² binnenmuren	€ 29 485,08	€ 43 159,32
Totaal	€ 72 610,11	€ 91 902,17

Bij deze ingreep, de vergelijking tussen een EHP woning en een traditioneel massieve passiefwoning, valt op dat er met een aanzienlijk extra energieverbruik in verhouding maar iets minder comforturen optreden. Daarbij rekening houdend met het prijsverschil is een woning gebouwd met Ecohomepanel interessanter.

3.8 EHP woning die 90° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het westen gericht

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		9 238,4
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		7 903,2
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		87
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		1 180,2
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		13
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	2 019	89
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 359	358
<i>Zonne energie in kWh</i>		6 241,7

De simulatiefiles met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

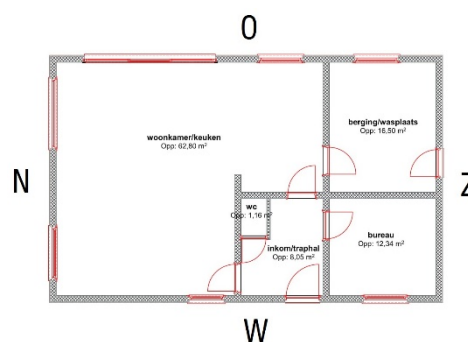
Bijlage 15: resultaten van de simulatie 3.8 voor de EHP woning die 90° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het westen gericht zonder technieken op pagina 157.

Bijlage 16: resultaten van de simulatie 3.8 voor de EHP woning die 90° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het westen gericht zonder technieken op pagina 162.

In vergelijking met de standaardsimulatie wordt hier zonder technieken 79,9 kWh per jaar minder verbruikt. Er zijn 238 uren per jaar minder waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 45 uren per jaar meer waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert de oververhitting maar zorgt er wel voor dat het iets meer te koud is zonder technieken.

Deze ingreep kost € 23 minder aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

Een materiaalkost is er niet bij deze ingreep.



Figuur 41: Oriëntatie bij de simulatie 90° gedraaid

Met deze ingreep, alsook bij ingreep 3.9 en 3.10 wordt duidelijk dat de oriëntatie van de woning, en dus zeker ook de ramen in de woning, zeer belangrijk is voor de energiehuishouding en het comfort. Al bij de start van het ontwerp moet aandacht geschonken worden aan oriëntatie, bezonning, raamopeningen, beschaduwing, enz.

Klassiek bouwt men, met grote voorkeur, de woning zo dat de achterkant zuid gericht is. Argumenten zijn bijvoorbeeld 'heel de dag de zon, leefruimtes met zicht op de tuin én de tuin aan de zuidkant dus leefruimtes zuid gericht, enz. Het kan op vlak van energieverbruik én comfort interessant zijn om simulaties te maken van verschillende oriëntaties van het ontwerp al van bij de ontwerpfase.

Deze ingreep leent zich niet om zomaar toe te passen. Er moet ook met het perceel en stedenbouwkundige voorschriften rekening gehouden worden.

3.9 EHP woning die 180 ° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het noorden gericht

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		8 838,6
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		7 213,5
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		83
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		1 470,1
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		17
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	2 316	102
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 250	347
<i>Zonne energie in kWh</i>		7 348,3

De simulatiefiles met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

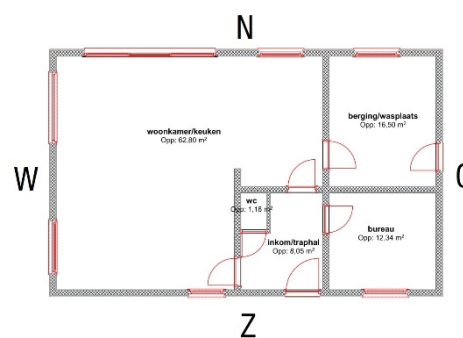
Bijlage 17: resultaten van de simulatie 3.9 voor de EHP woning die 180 ° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het noorden gericht zonder technieken op pagina 167

Bijlage 18: resultaten van de simulatie 3.9 voor de EHP woning die 180 ° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het noorden gericht zonder technieken op pagina 172

In vergelijking met de standaard simulatie wordt hier zonder technieken 479,7 kWh per jaar minder verbruikt. Er zijn 59 uren per jaar meer waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 64 uren per jaar minder waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Met deze ingreep is er iets meer oververhitting maar zorgt er wel voor dat het een beetje minder koud is zonder technieken.

Deze ingreep kost € 39 minder aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

Een materiaalkost is er niet bij deze ingreep.



Figuur 42: Oriëntatie bij de simulatie 180° gedraaid

Met deze ingreep, alsook bij ingreep 3.8 en 3.10 wordt aangetoond dat de beglaasde oppervlakte ten opzichte van een bepaalde windrichting een grote invloed heeft op het energieverbruik en het comfort in de woning.

Deze ingreep leent zich niet om zomaar toe te passen. Er moet ook met het perceel en de stedenbouwkundige voorschriften rekening gehouden worden.

3.10 EHP woning die 270° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het oosten gericht

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		7 914,1
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		6 949,7
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		90
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		809,4
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		10
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	1 841	68
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 111	343
<i>Zonne energie in kWh</i>		6 769,2

De simulatiefiles met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

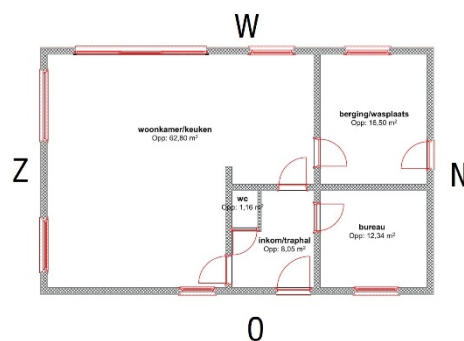
Bijlage 19: resultaten van de simulatie 3.10 voor de EHP woning die 270° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het oosten gericht zonder technieken op pagina 177.

Bijlage 20: resultaten van de simulatie 3.10 voor de EHP woning die 270° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het oosten gericht zonder technieken op pagina 182.

In vergelijking met de standaardsimulatie wordt hier zonder technieken 1404,2 kWh per jaar minder verbruikt. Er zijn 416 uren per jaar minder waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 203 uren per jaar minder waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert de oververhitting en zorgt er voor dat het minder te koud is zonder technieken.

Deze ingreep kost € 96 minder aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

Een materiaalkost is er niet bij deze ingreep.



Figuur 43: Oriëntatie bij de simulatie 270° gedraaid

Deze ingreep loopt gelijk met de simulaties 3.8 en 3.9 en leent zich niet om zomaar toe te passen. Er moet ook met het perceel en stedenbouwkundige voorschriften rekening gehouden worden.

3.11 EHP woning waarbij screens zijn aangebracht bij de ramen in het oosten, zuiden en westen

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		8 611,4
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		7 925,1
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		94
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		531,3
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		6
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	986	49
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 382	353
<i>Zonne energie in kWh</i>		5 156.3

De simulatiefiles met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in

Bijlage 21: resultaten van de simulatie 3.11 voor de EHP woning waarbij screens zijn aangebracht bij de ramen in het oosten, zuiden en westen zonder technieken op pagina 187.

Bijlage 22: resultaten van de simulatie 3.11 voor de EHP woning waarbij screens zijn aangebracht bij de ramen in het oosten, zuiden en westen zonder technieken op pagina 192.

In vergelijking met de standaardsimulatie wordt hier zonder technieken 706,9 kWh per jaar minder verbruikt. Er zijn 1271 uren per jaar minder waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 68 uren per jaar meer waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert de oververhitting veel maar zorgt er wel voor dat het een beetje meer te koud is zonder technieken.

Deze ingreep kost € 48 minder aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

Het type rits-screens is bestand tegen harde windstoten, elektrisch bediend, sluit goed af, blijft strak en laat geen insecten door. De screens zijn 80% lichtdicht. (prijzen afkomstig van Winsol)

Meerprijs voor het plaatsen van screens met ritssluiting

Afmetingen raam (b x h in cm)	Kostprijs per stuk Incl. plaatsing	Aantal	Totaalprijs
180 x 150	€ 1 046	2	€ 2 092
240 x 246	€ 1 388	1	€ 1 388
450 x 251 (uit 2 delen)	€ 2 672	1	€ 2 672
150 x 150	€ 992	4	€ 3 968
240 x 150	€ 1 172	1	€ 1 172
120 x 150	€ 938	1	€ 938
Totaal			€ 12 230

Het toepassen van deze ingreep levert een grote bijdrage aan het zomercomfort, er treedt veel minder oververhitting op. Een screen heeft ook verschillende functies. Niet enkel het invallend zonlicht wordt afgeremd maar werkt ook als hor (handig bij een openstaand raam) en heeft een bijna gelijkwaardige functie als een rolluik. Het plaatsen van screens heeft een aanzienlijke meerkost maar biedt vele voordelen. Dit is een interessante ingreep.

3.12 EHP woning waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		8 911,1
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		7 711,7
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		88
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		1 044,4
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		12
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	2 226	65
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 250	349
<i>Zonne energie in kWh</i>		6 074,6

De simulatiefiches met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

Bijlage 23: resultaten van de simulatie 3.12 voor de EHP woning waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen zonder technieken op pagina 197.

Bijlage 24: resultaten van de simulatie 3.12 voor de EHP woning waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen zonder technieken op pagina 202.

In vergelijking met de standaardsimulatie wordt hier zonder technieken 407,2 kWh per jaar minder verbruikt. Er zijn 31 uren per jaar minder waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 64 uren per jaar minder waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert een beetje de oververhitting en zorgt ervoor dat het een beetje minder te koud is zonder technieken.

Deze ingreep kost € 36 minder aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

Meerprijs voor het plaatsen van screens (ramen oost en west) met ritssluiting en luifels (ramen zuiden):

(de luifels zijn uitklapbaar tot 3,5 meter en zijn aan de linker en rechter kant 0,45 m langer dan de raamopening, elektrische bediening)

Afmetingen raam (b x h in cm)	Type	Kostprijs per stuk incl. plaatsing	Aantal	Totaalprijs
180 x 150	screen	€ 1 046	2	€ 2 092
240 x 246	screen	€ 1 388	1	€ 1 388
450 x 251	luifel	€ 3 378	1	€ 3 378
150 x 150	luifel	€ 1 320	4	€ 5 280
240 x 150	screen	€ 1 172	1	€ 1 172
120 x 150	luifel	€ 1 320	1	€ 1 320
Totaal				€ 14 630

Het toepassen van deze ingreep levert een grote bijdrage aan het zomercomfort maar minder dan de simulatie waar overal screens geplaatst werden. Een luifel heeft niet de veelzijdige eigenschappen zoals een screen. Een groot voordeel van een luifel is dat het zicht naar buiten bewaard blijft bij het afschermen van de zon. Het plaatsen van screens aan de ramen in het oosten en westen en luifels aan de ramen in het zuiden heeft een aanzienlijke meerkost maar is iets minder interessant dan screens.

3.13 EHP woning waarbij de ramen maximaal isoleren en drievoudig glas geplaatst is

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		6 858,9
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		4 816,5
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		72
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		1 887,4
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		28
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	3 189	97
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	4 689	271
<i>Zonne energie in kWh</i>		6 232,2

De simulatiefiles met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

Bijlage 25: resultaten van de simulatie 3.13 voor de EHP woning waarbij de ramen maximaal isoleren en 3dubbel glas geplaatst is zonder technieken op pagina 207.

Bijlage 26: resultaten van de simulatie 3.13 voor de EHP woning waarbij de ramen maximaal isoleren en 3dubbel glas geplaatst is zonder technieken op pagina 212.

In vergelijking met de standaardsimulatie wordt hier zonder technieken 2459,4 kWh per jaar minder verbruikt. Er zijn 932 uren per jaar meer waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 625 uren per jaar minder waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert de oververhitting duidelijk niet veel maar zorgt er wel voor dat het duidelijk minder te koud is zonder technieken.

Eigenschappen van het raam en het glas:	U-waarde [W/m²K]	Psi-waarde [W/mK]	Infiltratie [l/sm]
INGREEP: Raam, kunststof kader "Ultiem"	0,71	0,08	0,09
STANDAARD: Raam, kunststof standaard	1,83	0,14	0,69
	U-waarde [W/m²K]	ZTA [%]	LTA [%]
INGREEP: Glas, drievoudig, Xenon gevuld, helder, lage E	0,5	50	39
STANDAARD: Glas, dubbel, superieur, Argon gevuld, helder, lage E	1,1	49	39

Deze ingreep kost ook € 185 minder aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

Kostprijs van de materialen en arbeid:

Kostprijs van standaard ramen en glas: € 10 981,44 (prijzen Winsol)

Kostprijs van super isolerende ramen en drievoudig glas: € 13 155,58 (prijzen Winsol)

Totale kostprijs van de ingreep: € 2 174,14

Het toepassen van ramen en beglazing met een zeer hoge isolatiewaarde levert geen bijdrage aan het zomercomfort maar beperkt wel het energieverbruik voor verwarming. Met deze zeer isolerende beglazing wordt zelfs meer zonnewarmte opgewekt binnenshuis dan met de standaard beglazing.

Het plaatsen van drievoudige beglazing brengt een meerprijs met zich mee die zeker opweegt tegen de energiebesparing. Dit is een interessante ingreep.

3.14 EHP woning waarbij aan de noordkant de ramen maximaal isoleren, drievoudig glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		8 370
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		7 081,7
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		86
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		1 133,3
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		14
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	2 344	71
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 116	336
<i>Zonne energie in kWh</i>		6 061,6

De simulatiefiches met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

Bijlage 27: resultaten van de simulatie 3.14 voor de EHP woning waarbij aan de noordkant de ramen maximaal isoleren, 3dubbel glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen zonder technieken op pagina 217.

Bijlage 28: resultaten van de simulatie 3.14 voor de EHP woning waarbij aan de noordkant de ramen maximaal isoleren, 3dubbel glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen zonder technieken op pagina 222.

In vergelijking met de standaardsimulatie wordt hier zonder technieken 948,3 kWh per jaar minder verbruikt. Er zijn 87 uren per jaar meer waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 198 uren per jaar minder waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert de oververhitting niet maar zorgt er wel voor dat het duidelijk minder te koud is zonder technieken.

Eigenschappen en prijzen van het glas en ramen vindt u terug bij simulatie 3.13.

Eigenschappen en prijzen van de screens en luifels vindt u terug bij simulatie 3.11 en 3.12.

Deze ingreep kost € 73 minder aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

Prijsverschil van de materialen en arbeid:

Standaard glas en ramen aan de noordkant:	€ 2 552,29
drievoudig glas en super isolerende ramen aan de noordkant:	€ 2 983,79
Prijsverschil ingreep ramen en glas:	€ 431,5
luifels ramen zuiden:	€ 9 978 (zie simulatie 3.12)
screens ramen oost en west:	€ 4 652
Totaal:	€ 15 061,5

Het toepassen van de combinatie van deze ingrepen geeft geen noemenswaardige verbetering op vlak van energieverbruik en aantal comforturen. De zeer isolerende beglazing enkel aan de noordkant heeft er voor gezorgd dat er minder lage temperaturen zijn. De grote kostprijs voor deze ingrepen weegt niet op tegen de behaalde resultaten. Dit is een oninteressante ingreep.

3.15 EHP woning waarbij alle ramen maximaal isoleren, drievoudig glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		6 372,5
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		4 978,9
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		76
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		1 623,2
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		24
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	3 225	95
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	4 635	231
<i>Zonne energie in kWh</i>		6 059,3

De simulatiefiches met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

Bijlage 29: resultaten van de simulatie 3.15 voor de EHP woning waarbij alle ramen maximaal isoleren, 3dubbel glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen zonder technieken op pagina 227.

Bijlage 30: resultaten van de simulatie 3.15 voor de EHP woning waarbij alle ramen maximaal isoleren, 3dubbel glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen zonder technieken op pagina 232.

In vergelijking met de standaard simulatie wordt hier zonder technieken 2945,8 kWh per jaar minder verbruikt. Er zijn 968 uren per jaar meer waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 679 uren per jaar minder waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert de oververhitting duidelijk niet veel maar zorgt er wel voor dat het duidelijk minder te koud is zonder technieken.

Deze ingreep kost ook € 209 minder aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

Kostprijs van de materialen en arbeid:

Standaard glas en ramen:	€ 10 981,44 (zie simulatie 3.13)
drievoudig glas en super isolerende ramen:	€ 13 155,58 (zie simulatie 3.13)
Prijsverschil ingreep ramen en glas	€ 2 174,14
luifels ramen zuiden:	€ 9 978 (zie simulatie 3.12)
screens ramen oost en west:	€ 4 652
Totaal:	€ 16 804,14

Het toepassen van deze ingrepen zorgt voor een grote vermindering aan energieverbruik in vergelijking met de vorige simulatie, met als enige verschil de drievoudige beglazing. Door de zeer isolerende beglazing en ramen blijft de warmte meer binnenshuis. De zonnestraling die niet tegen gehouden wordt door de screens of luifels wordt ook niet tegen gehouden door de beglazing. Op deze manier blijft de temperatuur veel minder onder de comforttemperatuur. Het kostenplaatje gekoppeld aan de ingreep is te hoog om het een interessante ingreep te noemen.

3.16 EHP woning waarbij bomen geplaatst zijn in het zuiden en oosten die de woning beschaduwden

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		9 318,2
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		7 912,1
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		87
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		1 251,1
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		13
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	1 488	44
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	5 858	360
<i>Zonne energie in kWh</i>		4 373,9

De simulatiefiches met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in

Bijlage 31: resultaten van de simulatie 3.16 voor de EHP woning waarbij bomen geplaatst zijn in het zuiden en oosten die de woning beschaduwden zonder technieken op pagina 237.

Bijlage 32: resultaten van de simulatie 3.16 voor de EHP woning waarbij bomen geplaatst zijn in het zuiden en oosten die de woning beschaduwden zonder technieken op pagina 242.

In vergelijking met de standaardsimulatie wordt hier zonder technieken 0,1 kWh per jaar meer verbruikt. Er zijn 769 uren per jaar minder waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 544 uren per jaar meer waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert duidelijk de oververhitting maar zorgt er wel voor dat het duidelijk meer te koud is zonder technieken.

Deze ingreep kost ook € 99 meer aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

Een meerkost kan moeilijk toegekend worden omdat bomen met een voldoende grote kruin normaal gezien niet verplant/verkocht worden om beschaduwning te geven. Bij de toepassing van beschaduwning van bomen zijn die reeds aanwezig op het perceel.

De simulatie waarbij bomen voor beschaduwning zorgen in het oosten, zuiden en westen op de woning zorgt voor minder oververhitting, minder binnenvallende zonne-energie en geen verandering in energieverbruik. Het plaatsen van bomen met een kruin die voldoende beschaduwde, is normaal gezien niet aan de orde bij een nieuwbouwwoning of renovatieproject. Als er bomen aanwezig zijn op het perceel kan het ontwerp wel zodanig aangepast worden zodat genoten kan worden van deze beschaduwning. Het aanplanten van jonge bomen geeft de eerst jaren, decennia, geen positief resultaat op vlak van beschaduwning.

3.17 EHP woning waarbij screens zijn aangebracht en vierseizoensglas met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het oosten, zuiden en westen én waarbij zeer isolerende drievoudige beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het noorden

	<i>Simulatie zonder technieken</i>	<i>Simulatie met technieken</i>
<i>Totaal aantal kWh voor verwarming en koeling</i>		4243,2
<i>Aantal kWh voor verwarming</i>		191,3
<i>% verwarming t.o.v. totaal</i>		5
<i>Aantal kWh voor koeling</i>		4052
<i>% koeling t.o.v. totaal</i>		95
<i>Aantal uren boven de comforttemperatuur</i>	961	38
<i>Aantal uren onder de comforttemperatuur</i>	6376	282
<i>Zonne energie in kWh</i>		747,9

De simulatiefiches met uitgebreide info van deze simulatie vindt u terug in:

Bijlage 33: resultaten van de simulatie 3.17 EHP woning waarbij screens zijn aangebracht en zonwerende isolerende dubbele beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het oosten, zuiden en westen én waarbij zeer isolerende drievoudige beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het zuiden zonder technieken op pagina 247

Bijlage 34: resultaten van de simulatie 3.17 EHP woning waarbij screens zijn aangebracht en zonwerende isolerende dubbele beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het oosten, zuiden en westen én waarbij zeer isolerende drievoudige beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het zuiden met technieken op pagina 252

In vergelijking met de standaardsimulatie wordt hier zonder technieken 5075,1 kWh per jaar minder verbruikt. Er zijn 1296 uren per jaar minder waar de temperatuur zich boven de comforttemperatuur bevindt en er zijn 1062 uren per jaar meer waar de temperatuur zich onder de comforttemperatuur bevindt. Deze ingreep vermindert de oververhitting zeer duidelijk maar zorgt er wel voor dat het duidelijk meer te koud is zonder technieken.

Eigenschappen van het glas:	U-waarde [W/m²K]	ZTA [%]	LTA [%]
INGREEP O Z W: Vierseizoensglas, Argon gevuld, donker, lage E	1,1	27	20
INGREEP Noorden: Glas, drievoudig, Xenon gevuld, helder, lage E	0,5	50	39
STANDAARD: Glas, dubbel, superieur, Argon gevuld, helder, lage E	1,1	49	39

De eigenschappen van de screens vindt u terug bij simulatie 3.11

Deze ingreep kost € 316 minder aan energie per jaar dan de standaardopstelling volgens deze simulatie.

Kostprijs van de materialen en arbeid:

Standaard glas en ramen, noorden:	€ 2 552,29 (zie simulatie 3.14)
Drievoudig glas en super isolerende ramen, noorden:	€ 2 983,79 (zie simulatie 3.14)
Prijsverschil ramen en beglazing noorden:	€ 431,5
Standaard glas en ramen O Z W:	€ 8 429,15
Vierseizoensglas met zeer isolerend raamkader O Z W:	€ 9 421,28
Prijsverschil ramen en beglazing O Z W:	€ 992,13
Kostprijs screens O Z W:	€ 12 230
TOTAAL:	€ 13 653,63

Het toepassen van deze ingrepen zorgt voor een grote vermindering aan energieverbruik. Door de zeer isolerende beglazing in het noorden wordt het energieverbruik voor verwarming verminderd, door de zonwerende beglazing in het oosten, zuiden en westen, die zonwerend (ZTA 27%) en gemiddeld isolerend is (1,1 W/m²K) wordt de opwarming door de zonnestrallen verminderd. Dit kostenplaatje bevat de beste ingrepen en geven een prima resultaat.

3.18 Overzicht van de resultaten

Onderstaande tabel geeft een overzicht weer van de resultaten van de simulaties. De belangrijkste waarden zijn erin opgenomen. U vindt er de volgende categorieën in terug:

Totaal [kWh]	In deze kolom vindt u de som van het aantal kWh energie terug verbruikt voor verwarming en koeling zodat er maximaal kan voldaan worden aan de warmte- en koudevraag tot het bekomen van de comforttemperatuur, dit uiteraard met gebruik van technieken. De rode cijfers geven een hoger verbruik dan de standaardsimulatie aan, de groene cijfers een lager verbruik.
Koeling [kWh] en %	In deze kolom vindt u het aantal kWh energie terug verbruikt voor koeling zodat er maximaal kan voldaan worden aan de warmtevraag tot het bereiken van de comforttemperatuur. Dit uiteraard met gebruik van technieken. De rode cijfers geven een hoger verbruik dan de standaardsimulatie aan, de groene cijfers een lager verbruik.
Verwarming [kWh] en %	In deze kolom vindt u het aantal kWh energie terug verbruikt voor verwarming zodat er maximaal kan voldaan worden aan de koudevraag tot het bereiken van de comforttemperatuur, dit uiteraard met gebruik van technieken. De rode cijfers geven een hoger verbruik dan de standaardsimulatie aan, de groene cijfers een lager verbruik.
Aantal uren onder de comforttemperatuur	In deze kolom wordt het aantal uur weergegeven waarbij de temperatuur lager is dan de comforttemperatuur. In de simulaties zonder technieken is die te lage temperatuur te wijten aan een lage buitentemperatuur gecombineerd met te weinig opgewekte zonnewarmte in de woning. In de simulaties met technieken zijn die uren waarbij de temperatuur onder de comforttemperatuur ligt voornamelijk te wijten aan de opwarmtijd. De binnenlucht heeft een bepaalde tijd nodig om op te warmen tot de comforttemperatuur. Hoe kouder de binnenlucht, des te langer het duurt tot deze de comforttemperatuur bereikt. In het simulatieprogramma Ecodesigner star begint het systeem pas op te warmen vanaf het moment dat er comforttemperatuur gevraagd wordt. De rode cijfers geven een hoger aantal uren onder de comforttemperatuur weer in vergelijking met de standaardsimulatie, de groene cijfers geven een lager aantal uren onder de comforttemperatuur weer.
Aantal uren boven de comforttemperatuur	In deze kolom wordt het aantal uur weergegeven waarbij de temperatuur hoger is dan de comforttemperatuur. In de simulaties zonder technieken is die te hoge temperatuur te wijten aan een hoge buitentemperatuur gecombineerd met te veel opgewekte zonnewarmte in de woning. In de simulaties met technieken zijn die uren waarbij de temperatuur boven de comforttemperatuur ligt voornamelijk te wijten aan de afkoeltijd. De binnenlucht heeft een bepaalde tijd nodig om af te koelen tot de comforttemperatuur. Hoe warmer de binnenlucht, des te langer het duurt tot deze de comforttemperatuur bereikt. In het simulatieprogramma Ecodesigner star begint het systeem pas af te koelen vanaf het moment dat er comforttemperatuur gevraagd wordt. De rode cijfers geven een hoger aantal uren boven de comforttemperatuur weer in vergelijking met de standaardsimulatie, de groene cijfers geven een lager aantal uren boven de comforttemperatuur weer.
Verskil aantal uren comfort t.o.v. standaard	In deze kolom kun je zien hoeveel uren meer of minder deze specifieke simulatie de binnentemperatuur binnen de grenzen van de comforttemperatuur zit. De rode cijfers zijn negatief en geven het aantal uren weer waarbij de binnentemperatuur bij deze simulatie geen comforttemperatuur is in vergelijking met de standaardsimulatie.
Aantal uren oververhitting t.o.v. standaard	In deze kolom kun je zien hoeveel uren meer of minder van deze specifieke simulatie de binnentemperatuur boven de grenzen van de comforttemperatuur zit. Je kan dus zien als er bij deze simulatie meer of minder kans is op oververhitting. De rode cijfers geven het aantal uren weer waarbij de binnentemperatuur bij deze simulatie boven de comforttemperatuur zit, dus hoeveel uren er meer oververhitting is.

De groene cijfers zijn negatief en geven weer hoeveel uur er minder oververhitting is ten opzichte van de standardsimulatie.

**Klimaatruimtes
minimum en
maximum
temperaturen**

In deze kolommen vind je de hoogst en laagst bereikte binnentemperaturen in deze ruimtes (deze thermal block) in een jaar. U ziet telkens de hoogste maximum- en de laagste minimumtemperatuur aangeduid met een vette gekleurde rand. Hoe meer groene kaders rond het resultaat hoe beter de invloed van de ingreep is op de binnentemperatuur. Zo ziet u dat de resultaten bij simulatie 3.17 het best scoren.

		totaal [kWh]	koeling [kWh]	%	verwarming [kWh]	%	aantal uren onder comfort- temperatuur	aantal uren boven comfort- temperatuur	verschil aantal uren comfort t.o.v. standaard	aantal uren oververhitting t.o.v. standaard	Klimaatruimte: badkamers		Klimaatruimte: woonruimtes		Klimaatruimte: slaapkamers		Klimaatruimte: ongec. ruimte	
											Min. [°C]	Max. [°C]	Min. [°C]	Max. [°C]	Min. [°C]	Max. [°C]	Min. [°C]	Max. [°C]
3.1	EHP woning: zonder ingrepen (standaard)						5314	2257			2,9	35,3	3,4	31,9	2,1	31,2	3,1	32,3
	zonder technieken						5314	2257										
	met technieken	9318,3	1251,4	13%	7911,9	87%	353	70										
3.2	EHP woning: houten vloer benedenverdieping						5305	2253	13	-4	2,9	35,3	3	32,9	2	31,2	3,1	32,3
	zonder technieken						5305	2253										
	met technieken	9347,5	1305	14%	7887,5	86%	360	72	-9	2								
3.3	EHP woning: isolatie onder vloerplaat						5329	2244	-2	-13	2,9	35,2	3,3	32	2,1	31,1	3,1	32,1
	zonder technieken						5329	2244										
	met technieken	9226,3	1239,1	13%	7987,2	87%	358	70	-5	0								
3.4	EHP woning: massieve betonnen binnenmuren						5767	2037	-233	-220	5,3	29,5	3,8	30,4	4,4	28,8	5,3	28,4
	zonder technieken						5767	2037										
	met technieken	10176,6	1043,7	10%	8977,9	90%	210	2	211	-68								
3.5	EHP woning: massieve dekvloer 1e verdieping						5511	2013	47	-244	1,4	33,4	2,4	32,9	1,7	29	1,9	31,1
	zonder technieken						5511	2013										
	met technieken	9897,3	1214,1	12%	8528,2	88%	378	48	-3	-22								
3.6	EHP woning: massieve dekvloer 1e verdieping + massieve betonnen binnenmuren						5472	1896	203	-361	3,5	31,6	3,2	31,1	3,4	28,2	4,3	29
	zonder technieken						5472	1896										
	met technieken	10016,7	1003	10%	8858,7	90%	381	47	-5	-23								
3.7	Traditioneel gemetste woning						5715	1696	160	-561	2,3	27,8	2,3	29,6	1,9	26,3	2,7	27
	zonder technieken						5715	1696										
	met technieken	11701,2	846	7%	10700	93%	389	23	11	-47								
3.8	EHP woning: 90° gedraaid, achterkant westen						5359	2019	193	-238	2,8	30	2,9	31	1,4	35	3,9	35,2
	zonder technieken						5359	2019										
	met technieken	9238,4	1180,2	13%	7903,2	87%	358	89	-24	19								
3.9	EHP woning: 180° gedraaid, achterkant noorden						5250	2316	5	59	3,4	27,3	4,6	31,4	3,2	36,5	3,9	31,1
	zonder technieken						5250	2316										
	met technieken	8838,6	1470,1	17%	7213,5	83%	347	102	-26	32								
3.10	EHP woning: 270° gedraaid, achterkant oosten						5111	1841	619	-416	4,6	28,2	5,2	28,1	3,2	30,6	5,6	32,1
	zonder technieken						5111	1841										
	met technieken	7914,1	809,4	10%	6949,7	90%	343	68	12	-2								
3.11	EHP woning: ramen oost, zuid, west: screens						5382	986	1203	-1271	2,9	27,1	3,4	24,7	2,1	27	3,1	26
	zonder technieken						5382	986										
	met technieken	8611,4	531,3	6%	7925,1	94%	353	49	21	-21								
3.12	EHP woning: ramen oost, west: screens + ramen zuiden: luifels						5250	2226	95	-31	3,3	34,9	3,6	30,1	2,2	29,2	3,2	31,2
	zonder technieken						5250	2226										
	met technieken	8911,1	1044,4	12%	7711,7	88%	349	65	9	-5								
3.13	EHP woning: ramen max. isoleren, glas 3voudig						4689	3189	-307	932	6	41,1	6,2	35,9	4,6	34,6	6,3	36,9
	zonder technieken						4689	3189										
	met technieken	6858,9	1887,4	28%	4816,5	72%	271	97	55	27								
3.14	EHP woning: ramen oost, west: screens + ramen zuiden: luifels + ramen noord: max. isol. glas 3voudig						5116	2344	111	87	3,6	35,1	4,1	30,4	2,7	29,5	4,2	32,1
	zonder technieken						5116	2344										
	met technieken	8370	1133,3	14%	7081,7	86%	336	71	16	1								
3.15	EHP woning: ramen oost, west: screens + ramen zuiden: luifels + alle ramen: max isol. glas 3voudig						4632	3225	-286	968	6,4	39,9	6,5	33,3	4,8	31,7	6,5	35
	zonder technieken						4632	3225										
	met technieken	6757,1	1623,2	24%	4978,9	76%	231	95	97	25								
3.16	EHP woning: bomen oost, zuid en west						5858	1488	225	-769	2,1	30,4	2,6	28,7	1,5	29,2	2,4	28,8
	zonder technieken						5858	1488										
	met technieken	9724,1	569,2	6%	8999,9	94%	360	44	19	-26								
3.17	EHP woning: ramen oost, zuid, west: screens +ramen max. isoleren, glas 3voudig N +ramen zonwerend, dubbel glas O Z W						6376	961	234	-1296	6,7	24,9	6,3	22,3	4,4	26,4	5,8	23,9
	zonder technieken						6376	961										
	met technieken	4243,2	191,3	5%	4051,9	95%	282	38	103	-32								

Volgende tabel toont het verschil in energieverbruik en kost van de ingreep per simulatie aan.

Simulatie	Kostprijs van de ingreep	Verskil in energieverbruik
3.1 EHP woning: zonder ingrepen (standaard)	/	9 318,3 kWh
3.2 EHP woning: houten vloer benedenverdieping	=	+ 29,9 kWh
3.3 EHP woning: isolatie onder vloerplaat	+ € 75,00	- 92,0 kWh
3.4 EHP woning: massieve betonnen binnenmuren	+ € 1 168,15	+ 858,3 kWh
3.5 EHP woning: massieve dekvloer 1e verdieping	+ € 5 302,50	+ 579,0 kWh
3.6 EHP woning: massieve dekvloer 1e verdieping + massieve betonnen binnenmuren	+ € 6 470,65	+ 698,4 kWh
3.7 Traditioneel gemetste woning	+ € 19 300,00	+ 2 389,9 kWh
3.8 EHP woning: 90° gedraaid, achterkant westen	/	- 79,9 kWh
3.9 EHP woning: 180° gedraaid, achterkant noorden	/	- 479,7 kWh
3.10 EHP woning: 270° gedraaid, achterkant oosten	/	- 1 404,2 kWh
3.11 EHP woning: ramen oost, zuid, west: screens	+ € 12 230,00	- 706,9 kWh
3.12 EHP woning: ramen oost, west: screens + ramen zuiden: luifels	+ € 14 630,00	- 407,2 kWh
3.13 EHP woning: ramen max. isoleren, drievoudig glas	+ € 2 174,14	- 2 459,4 kWh
3.14 EHP woning: ramen oost, west: screens + ramen zuiden: luifels + ramen noord: max. isolatie, drievoudig glas	+ € 15 061,50	- 948,3 kWh
3.15 EHP woning: ramen oost, west: screens + ramen zuiden: luifels + alle ramen: max isolatie, drievoudig glas	+ € 16 804,14	- 2945,8 kWh
3.16 EHP woning: bomen oost, zuid en west	/	=
3.17 EHP woning: ramen oost, zuid, west: screens +ramen max. isoleren, drievoudig glas N +ramen zonwerend, dubbel glas O Z W	+ € 13 653,63	- 5 075,1 kWh

4. CONCLUSIE

Deze bachelorproef handelt over de volgende onderzoeksvraag: “Oververhitting voorkomen bij een woning gebouwd met Ecohomepanel, een utopie?” In deze studie wil ik onderzoeken als ingrepen tegen oververhitting bij een woning gebouwd met Ecohomepanel voldoende om dit tegen te gaan.

Om deze onderzoeksvraag stap voor stap op te lossen werden volgende deelvragen opgesteld:

Welke factoren veroorzaken oververhitting bij een gebouw gebouwd met Ecohomepanel?

Welke ingrepen kunnen genomen worden om oververhitting in een gebouw te verhinderen?

Hoe kunnen die ingrepen optimaal toegepast worden bij een gebouw gebouwd met Ecohomepanel? Welke combinaties zijn interessant bij dit bouwsysteem?

Uit de casestudie volgt dat de oriëntatie de grootste invloed heeft op energieverbruik en het beperken van oververhitting. Oriëntatie op zich stelt niets voor, het is de oriëntatie van de ramen die uiterst belangrijk is. Via deze ramen komt, zonder het plaatsen van een kwalitatieve zonwering, veel warmte binnen door de binnenvallende zonnestraling. Het belangrijkste is het buitenhouden van de directe zonnestrallen als de binnentemperatuur een bepaalde binnentemperatuur overschrijdt. Het weren van de binnenvallende zonnestrallen gebeurt het best met automatisch gestuurde screens aan de oost-, de zuid- en de noordkant.

Aanvullend is het belangrijk om voor de ramen en de beglazing een type te kiezen dat goed isoleert. Hiermee ontstaat nog minder warmteverlies door de ramen en de beglazing en wordt de vraag naar verwarming aanzienlijk beperkt. Deze beglazing is best ook zonwerend aan de oost-, de zuid- en de westkant waardoor minder warmteontwikkeling ontstaat wanneer deze niet gewenst is.

Mits het toepassen van enkele ingrepen en technieken voor verwarming en ventilatie (koeling is nagenoeg niet nodig) is een woning gebouwd met Ecohomepanel zeker mogelijk zonder het probleem van oververhitting. Zonder technieken is bij een EHP-woning de minimumtemperatuur hoger en de maximumtemperatuur ook iets hoger dan bij een traditioneel massieve passiefwoning. Bijkomende voordelen bij een EHP-woning is de lagere bouwkost en de korte bouwtijd.

Het materiaal waaruit de gebouwschil van de woning geconstrueerd is speelt geen doorslaggevende rol op vlak van oververhitting.

Een woning gebouwd met Ecohomepanel zonder ingrepen ten opzichte van een traditioneel massieve passiefwoning zonder ingrepen met dezelfde technieken verbruikt minder energie voor verwarming en koeling.

Een verder onderzoek naar de impact, duurzaamheid en ecologische voetafdruk van isolatiematerialen zoals PUR en PIR is nog een te onderzoeken domein. Ik geef u graag in het volgende hoofdstuk een voorsmaakje...

5. DE TOEKOMST VAN PUR, HET NIEUWE ASBEST-VERHAAL??

Polyurethaan of PUR genaamd heeft de jongste 40 jaar een belangrijke bijdrage geleverd aan ons dagelijks woon- en leefcomfort.

Wist u dat elke keer u in uw auto stapt, in een bed ligt, sportschoenen en -kleding draagt, in een zetel gaat zitten, enzovoort, u in contact komt met polyurethaan.

Polyurethaan (PUR) is een veelvuldig gebruikt materiaal met bijzonder goede eigenschappen zoals sterkte, zeer duurzaam en in onze leefomgeving een onmisbaar product. In veel gevallen kiezen we er niet voor om het te gebruiken. Ons huis steekt er vol van alsook onze auto. Vroeger gebruikte men in koel- en diepvrieskasten kurk en daarna EPS (isomo) en nu polyurethaan omdat het gewoonweg het beste materiaal is.

Er is één situatie waarin we wel kunnen kiezen en dat is de isolatie in onze woningen/gebouwen. Vandaag de dag worden 99 op 100 woningen/gebouwen geïsoleerd met polyurethaan voor zowel spouwmuur-, vloer- als dakisolatie.

(Verbiest & Partner, 2016)

Waarom 'het nieuwe asbest verhaal' ?

Asbest werd al gebruikt door de Romeinen en de negatieve gezondheidseffecten waren toen al enigszins gekend en waren in de periode dat asbest uitgebreid in Europa werd toegepast goed gekend door zowel politiek als industrie. Echter, door de lange incubatieperiode (het kan 40 jaar duren voor men kanker krijgt na de effectieve asbest-besmetting) en het gebrek aan directe klachten nam men het probleem niet ernstig genoeg. Ook door lobbywerk van de producenten kon lang voorkomen worden dat de politiek ingreep.

Hetzelfde lijkt nu van toepassing te zijn voor PUR. Alleen zijn er in het geval van PUR in de afgelopen jaren wereldwijd al heel wat rechtstreekse en vrij directe gezondheidsproblemen omtrent PUR vastgesteld. Daarenboven zijn al heel wat fabrikanten PUR uit hun productieprocessen aan het halen (bv bij lijmen) doordat zij de negatieve effecten van de PUR niet langer met hun product verbonden willen zien.

Helaas worden op dit moment heel wat woningen en openbare gebouwen met PUR geïsoleerd, met alle risico's van dien.

Petrochemische isolatiematerialen hebben vaak hoge isolerende waarden, maar houden omwille van hun samenstelling gezondheidsrisico's in en zijn zowel op vlak van gezondheid als ecologisch vlak slechte tot zeer slechte keuzes. Momenteel worden passiefwoningen volledig geïsoleerd met bv. PUR. Er zijn reeds klachten geregistreerd over hoofdpijn, misselijkheid, vaker ziektes, waarvan vermoed wordt dat ondermeer de gassen die vrijkomen uit het isolatiemateriaal de oorzaak zijn. PUR en PIR zijn momenteel dan ook materialen met de meest negatieve impact op het milieu.

(Maréchal - Dewolf bvba, 2016)

Bij het lezen van vele artikels over het gebruik van PUR in verschillende vormen (ter plaatse gespoten, het gebruik van PUR platen, het verwerken van PUR, PUR op lange termijn, het brandgevaar bij PUR, de productie van PUR...) kwam ik vele pro's en contra's tegen, veel argumenten worden aangehaald.

Omdat Ecohomepanel voor een groot stuk uit gemodificeerd PUR bestaat wilde ik hen hierover toch enkele vragen stellen.

Er zijn bronnen die zeggen dat dit, PIR/PUR een schadelijk product is, enerzijds bij productie en/of voortdurend op langere termijn in de woning.

Polyurethaan wordt reeds meer dan 60-70 jaar geproduceerd en gebruikt. Er zijn naar onze mening geen gevallen bekend waar het isolatiemateriaal afbreekt, schadelijke effecten heeft, enz...

Sommigen zeggen dat dit niet zo is en dat de ecologische voetafdruk helemaal niet zo groot is t.o.v. vele andere isolatiematerialen...

Polyurethaan is een derivaat van petroleum, inderdaad, maar zijn isolatie eigenschappen (lambda waarde) zijn zo bijzonder dat het bij minimale diktes maximale isolatie capaciteiten bezit met heel weinig wijziging in de tijd. Hierdoor is de ecologische voetafdruk inderdaad niet groter dan andere materialen. Zie de recipe score in ons handboekje blz 9.

– Dit komt hoofdzakelijk door zijn beperkte dikte (urbaan landgebruik)

– Hierdoor ook minder transport van het isolatiemateriaal naar de (Centexbel, z.j.)bouwplaats

– Levensduur, vochtopname, densiteit enz... Deze parameters zijn over de ganse lijn goed te noemen, wat niet

van alle parameters van andere materialen kan gezegd worden.

Sommigen noemen het "het nieuwe asbest".

Dit is de eerste maal dat wij dit horen. Beweringen als deze moeten gerelativeerd worden. Men dient ook te zien uit welke richting deze beweringen komen. Wij kunnen begrijpen dat voorstanders van echte biologische isolatie materialen (schapenwol, hennep enz...) dergelijke slogans lanceren. Deze biologische isolatie materialen hebben zeker hun waarde, maar scoren dan in andere punten bijzonder slecht (isolatiedikte, densiteit, levensduur, brandbaarheid, afzakken, enz...).

Werden jullie daarmee al geconfronteerd?

Af en toe door de tegenstanders hierboven vermeld.

Onderzoek naar gedaan?

Het onderzoek werd gedaan bij DOW Chemicals, wij hebben zelf geen chemisch labo en doen beroep op onze leverancier.

Eventueel een alternatief moest het die richting uitgaan...

Het zal deze richting niet uitgaan, geloof mij vrij!

Wat doet Isobar als het bijvoorbeeld binnen 10 jaar een verboden product wordt?

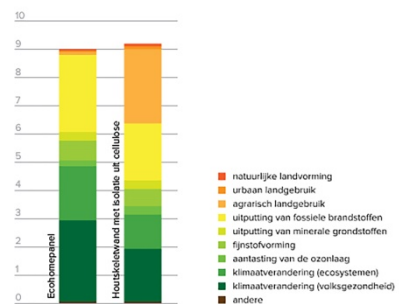
Dit is niet te verwachten, gezien dit isolatiemateriaal al zolang gekend is en gebruikt wordt. Weet dat dit materiaal in vele toepassingen en heel grote volumes gebruikt wordt (niet voor te stellen hoeveel dit gebruikt wordt). Dit gaat van lage densiteit (vb matrassen enz...) over midden densiteit (isolatiematerialen) tot hoge densiteit (autobumpers enz...).

Zou jullie leverancier van de "PIR grondstoffen" hierop een antwoord hebben?

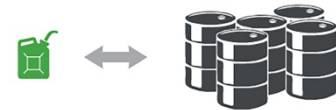
Wij hebben hen hierover eens bevroegd, maar dit is inderdaad een heel moeilijke vraag, waar men enkel een antwoord op gaf gebaseerd op de jarenlange ervaring (zie hoger)

MILIEU-IMPACT

RECIPE SCORE



- Ecohomepanel houdt de warmte binnen in de winter en buiten in de zomer.
- Het hoog isolerend effect van Ecohomepanel verlaagt het verbruik van energie, natuurlijke grondstoffen en de CO₂-uitstoot.
- Ecohomepanel bespaart u meer dan 90% op uw jaarlijkse energie factuur. Een meer dan interessant terugverdieneffect!



Figuur 44: Recipe score (www.ecohomepanel.com)

De isolatiewaarde

Ik lees en ondervind dat er veel verschillende lambda-waarden terug te vinden zijn voor PUR. Ik heb ook gelezen dat beweerd wordt dat de isolatiewaarde daalt naarmate de veroudering.

Bij het vaststellen van de isolatiewaarde van een product is het volgens mij belangrijk dat er rekening gehouden wordt met de omgevingsfactoren waar de proefopstelling opgesteld is, de samenstelling van het te onderzoeken materiaal en de leeftijd en manier waarop het bewaard werd. Hieruit leid ik af dat er verschillende samenstellingen van PUR schuim vergeleken worden met elkaar, ook stalen met een verschillende levensduur e.d. Zo zijn de verschillende waarden te verantwoorden. Wat mij normaal lijkt is dat de isolatiewaarde van een materiaal vermindert na verloop van tijd. Ieder materiaal veroudert, het ene vlugger dan het andere. Nibe, het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, stelt de levensduur van PUR, ook van vele andere isolatiematerialen, op 75 jaar, wat mij aanvaardbaar lijkt.

Ik stel me wel vragen bij het lezen van het volgende: *“De HFK's in PUR isoleren dubbel zo veel als lucht. Het eerste jaar verdwijnt 5% uit de cellen, daarna nog 1,2% per jaar. Wat verdwijnt, wordt door lucht vervangen. Dit proces noemt men veroudering.”* (Bovenlander, 2012) Als dit klopt wil dat zeggen dat constant, na de productie van de PUR, stelselmatig kleine hoeveelheden HFK's vrijkomen, hetzij in de buitenlucht, hetzij in de binnenlucht...

Gezondheidsrisico

Iedere bron is het erover eens, het aanbrengen van PUR-schuim is zowel voor de arbeiders als voor de bewoners schadelijk. Men spreekt van irritatie van de luchtwegen, bijtende werking op de huid, na verloop van tijd treedt sensibilisering op met overgevoeligheid tot gevolg... Er moet intensief verlucht worden en ten vroegste 1 dag na het aanbrengen, en meerdere dagen voor zeer grote toepassingen, mag de ruimte opnieuw betreden worden. Dit vind ik begrijpelijk omdat bij het aanbrengen van gespoten PUR heel wat schadelijke gassen, broeikasgassen, vrijkomen. Bij de productie van PUR platen worden de schadelijke gassen opgevangen en gezuiverd volgens de normen opgelegd aan de producent. Bij het in situ spuiten van PUR-schuim worden deze gassen simpelweg geloosd in de buitenlucht. Ik las een artikel waarin beweerd werd dat de besparing op CO₂ uitstoot van een woning daarmee volledig teniet gedaan wordt. (Bovenlander, 2012)

Ik las in een artikel van 2012 ook dat België bijna het enige land is waar het in situ spuiten van PUR-schuim gebeurt, in de omringende landen is dit volgens dat artikel verboden. (Bovenlander, 2012)

De vraag blijft natuurlijk nog altijd, zoals in het vorige punt, komen er nog schadelijke gassen vrij enige tijd na het aanbrengen van PUR-schuim of plaatsen van PUR panelen?

Departement Leefmilieu, Natuur en Energie beweert dat na het uitharden en uitdampen van de gevaarlijkste stoffen PUR-producten niet meer schadelijk zijn voor de gezondheid, ook niet bij intensieve aanraking. (Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, 2014) Dit beweert ook Verbiest&Partners: “Het is ook zo dat het eindproduct (volledig uitgehard) onschadelijk is voor de binnenlucht en helemaal reukloos.” (Verbiest & Partners, 2016)

Vorig jaar berichtte televisieprogramma Nieuwsuur op de Nederlandse televisie over mogelijke gezondheidsklachten door het aanbrengen van PUR-vloerisolatie. Hierbij riep men op zich aan te melden met eventuele klachten zodat er meer onderzoek kon gebeuren naar gezondheidsrisico's bij PUR vloerisolatie. Er is nog weinig bekend over de feitelijke risico's van mogelijke blootstelling aan gevaarlijke stoffen bij het aanbrengen van PUR-vloerisolatie. (GGDGHOR Nederland, 2015)

Toch wordt, terwijl er nogal wat negatieve berichtgeving over komt, nog veel PUR gespoten en wordt er nog gretig gebruik gemaakt van de voordelen die het bezit. Enkele voorbeelden zijn de lagere kostprijs dan isolatieplaten, een gesloten isolatiepakket, de egaliserende functie bij het wegwerken van leidingen, enz.

Belangrijk is dat als er gekozen wordt voor in-situ gespoten PUR-isolatie de klant er zich van zal moeten vergewissen dat het schuim conform het KOMO-attest en op veilige wijze moet worden aangebracht.

Ook het NAVB waarschuwt voor de gezondheidsrisico's verbonden aan het werken met PUR. Dit bij het aanbrengen (gassen), vlakschuren (gassen en fijn stof), mechanisch versnijden (gassen en fijn stof) en thermisch versnijden (giftige dampen) van PUR zowel in plaatvorm als schuim.

(navb - cnac, 2014)

Afvalprobleem

Hoofdzakelijk lees ik dat PUR-schuim niet tegen aanvaardbare maatschappelijke kosten op een milieuvriendelijke wijze bij sloop uit de afvalketen verwijderd kan worden. Tot nu toe is er nog niet zo veel onderzoek gebeurd naar de gevolgen van het verwijderen van PUR uit gebouwen, op welke manier dit best gebeurt, het daarbij ontwikkelde stof, het ontsnappen van de blaasgassen enz. Dit heeft ook te maken met het feit dat er tot nu toe weinig sloopmateriaal vrij komt. Vele gespoten PUR en PUR platen hebben een nog resterende levensduur van tientallen jaren. Ik denk dat we dan klaar moeten staan met een adequate oplossing om PUR te recyclen, dat wordt een booming business!

Uit een artikel van Stichting Verstandig Isoleren heb ik onthouden dat EPS het beste presteert op elke trede van de 'Ladder van Lansink' en dus het milieuvriendelijkst is in vergelijking met PUR en minerale wol. Bij PUR en minerale wol is het recyclen in de praktijk in een minder gevorderd stadium.

(Stichting verstandig isoleren, 2016)

Ook de productie van PUR is niet milieuvriendelijk gezien de aard van de basisgrondstof en de chemische stoffen die worden gebruikt.

Uit dit alles leid ik af dat synthetische isolatiematerialen zoals PS en PUR heel wat nadelen hebben op ecologisch vlak.

Toch wil ik vermelden dat Ecohomepanel in gecontroleerde omstandigheden geproduceerd wordt volgens de wettelijke normen en eisen en dat de recyclage van de panelen minder moeilijk is dan bij gespoten PUR. De cementvezelplaat en de PUR kunnen op een aanvaardbare manier gescheiden worden zodat de cementvezelplaat minimaal verontreinigd is met schuim en opnieuw gerecycleerd kan worden.

Of gecontroleerd verbranden een oplossing is, in een verbrandingsoven bijvoorbeeld, weet ik niet. Enkele artikels beschrijven dat bij verbranding, ongecontroleerd, allerlei giftige gassen zoals blauwzuurgas, polymethylmethacrylaat,.. vrijkomen en een dikke, zwarte én vooral snel dodende rook verspreiden.

Dit is echter zo bij alle organische stoffen die koolstof, waterstof en stikstof bevatten. Hierbij wil ik opmerken dat bij een gecontroleerde verbranding de ontwikkeling van het zeer schadelijke blauwzuurgas uitgesloten is. (Bovenlander, 2012)

Een laatste punt die ik graag wil vermelden is dat er ook geschreven wordt over het gevaar tijdens het transport. Ik weet dat bij het maken van PUR allerlei chemische stoffen samengevoegd worden en dat dit chemische reacties met zich meebrengt. Deze stoffen moeten tot de productie-eenheid gebracht worden, zoals het bij de productie van vele andere materialen gebeurt. Dit transport moet op een veilige manier gebeuren volgens de regels van ADR transport.

In een artikel uit 2012 dringt men aan op een snelle LCA. Ondertussen werd dit reeds uitgevoerd door NIBE.

Hierbij onderstreep ik graag enkele conclusies uit de database van Nibe.

De score wordt gegeven aan de hand van volgende tabel.

Klasse	Subklasse	Omschrijving	Milieubelastingsfactor	materiaal
1	a	Beste keuze	1 – 1,1	Polyurethaan toegepast in een (platte) warmdak constructie pentaan geblazen Polyurethaan toegepast in een (platte) warmdak constructie hcfk geblazen PUR/PIR hardschuimen buitengevelisolatiesysteem toegepast tegen een kalkzandstenen binnenwandconsole
	b		> 1,1 – 1,32	
	c		> 1,32 – 1,58	
2	a	Goede keuze	> 1,58 – 1,9	PUR als thermische isolatie toegepast in de traditionele schouw Drukvraste PUR schuimplaat (pentaan geblazen) toegepast als (na) isolatie van de begane grondvloerconstructie
	b		> 1,9 – 2,28	
	c		> 2,28 – 2,74	
3	a	Aanvaardbare keuze	> 2,74 – 3,28	
	b		> 3,28 – 3,94	
	c		> 3,94 – 4,73	
4	a	Minder goede keuze	> 4,73 – 5,68	Purschuim platen, pentaan geblazen, toegepast als (na)isolatie van een houten begane grondvloer
	b		> 5,68 – 6,81	
	c		> 6,81 – 8,17	
5	a	Af te raden keuze	> 8,17 – 9,81	HFCK geblazen gespoten PUR, mag niet meer gebruikt worden
	b		> 9,81 – 11,77	
	c		> 11,77 – 14,12	
6	a	Slechte keuze	> 14,12 – 16,95	
	b		> 16,95 – 20,34	
	c		> 20,34 – 24,40	
7	a	Onaanvaardbare keuze	> 24,40 – 29,29	
	b		> 29,29 – 35,14	
	c		> 35,14 – 42,17	
>7c		Onaanvaardbare keuze	> 42,17	

Ook British Research Establishment (BRE) beoordeelde de milieuaspecten van isolatiematerialen met de alom geaccepteerde methode "Green Guide to Specification". Zij beoordeelden de isolatiematerialen op basis van de gehele levenscyclus (LCA methodiek).

Wat hieruit blijkt ziet u in de tabel hiernaast:

EPS (15, 20, 25, 30 kg/m ³) Glaswol (10, 24, 32 kg/m ³) Steenwol (33 kg/m ³)	A+
PUR (32 kg/m ³) Steenwol (100 kg/m ³)	A
Steenwol (140 kg/m ³)	B
Steenwol (160 kg/m ³)	C

Ik toon u graag de twee onderstaande teksten. Daarmee wil ik aantonen dat er veel uiteenlopende meningen zijn.

PUR-schuim bevat geen irriterende vezels noch toxische elementen, die aanleiding kunnen geven tot allergieën of huidirritaties. PUR is een Cfk-vrij en dus milieuvriendelijk product. Doordat het wordt gespoten, zijn er geen afval- of snijresten. De componenten worden opgepompt uit recycleerbare vaten en vormen een expanderend schuim wanneer ze met elkaar vermengd worden. Omwille van het 'opschuimend effect' is er dus minder grondstof nodig om eenzelfde isolatiewaarde te bekomen als een traditioneel isolatiemateriaal. Er moet dus minder van getransporteerd worden en dat is goed voor het milieu.

(Kwadraat Villaprojecten, 2016)

Wij bieden bewust geen gespoten PUR-isolatie aan. Zowel rond de gezondheidsrisico's als de totale milieubelasting (gemeten over de volledige levenscyclus) zijn er immers gegronde bezwaren tegen in-situ gespoten PUR in te brengen. Ons systeem van EPS-uitvulchape en isolatieplaten vormt niet alleen een verantwoord alternatief, qua isolatiesterkte én functionaliteit is het minstens evenwaardig.

(Valcke chape, 2016)

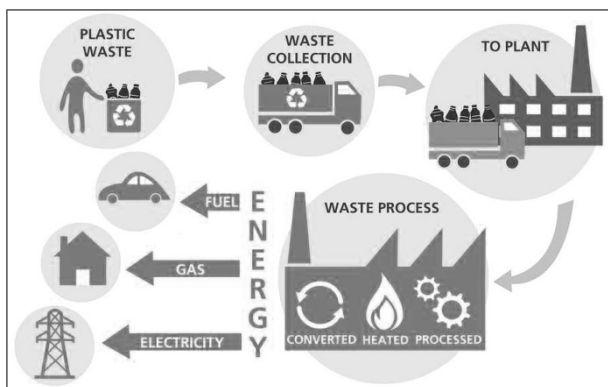
Recyclage

Milieuvriendelijke recyclage van PUR is moeilijk. Bij gespoten PUR is het PUR-schuim verkleefd met het beton en leidingen allerhande en kan enkel door windziften na het vermalen worden gescheiden. In deze fase komen alle HFK's in het milieu terecht. (Bovenlander, 2012)

PIR is niet biologisch afbreekbaar, in tegenstelling tot papiervlokken en rotswol. Algemeen gezien scoort PIR wel een pak beter dan PUR-isolatie op gebied van ecologie. (Dakisolatie-expert, 2016)

Feedstock recyclage, ook tertiair recycleren genoemd, is het omzetten van polymere afvalstromen (kunststoffen, textielvezels, coatings) in kleinere moleculen, meestal onder de vorm van een vloeistof of gas, die gebruikt kan worden als "feedstock" voor de productie van nieuwe petrochemische stoffen (brandstoffen en andere chemicaliën) of voor het polymeren van monomeren tot nieuwe kunststoffen, vezels,

Bij feedstock recyclage zijn de voordelen, ecologisch en economisch.



Figuur 45: Feedstock recyclage (Centexbel, z.j.)

Ecologische voordelen: Via feedstock recyclage wordt afval omgezet in brandstof of chemische stoffen die opnieuw ingezet kunnen worden in nieuwe producten. Door het depolymeren van bepaalde polymeren worden deze materialen ook automatisch ontleurd.

Economische voordelen: Bepaalde milieu-impacten zoals de emissie van giftige stoffen (dioxines, ...) tijdens de chemische reacties en de energie-intensiteit van een aantal van deze processen verklaren waarom de feedstock recyclage technieken hetzij beperkt blijven tot kleinschalige pilootprojecten of slechts op (zeer) grote schaal en onder strikte voorwaarden toegepast worden.

Zolang aardolie en aardgas relatief goedkoop blijft is er weinig toekomst voor feedstock recyclage. Slechts een zeer kleine fractie van polymeer verpakkingsafval wordt tertiair gerecycleerd.

Alternatieven

Isolerende EPS-chapes in combinatie met harde EPS-isolatieplaten zijn het beste alternatief voor gespoten purschuim. EPS is ongevoelig voor vocht en kan bijgevolg aangemaakt worden met cement en water tot een lichte isolerende uitvullaag om leidingen te bedekken. (Bovenlander, 2012)

Minerale wol

6 vooraanstaande wetenschappers waarschuwen voor gezondheidsrisico's in verband met minerale wol. Door de vrijkomende vezels in de vrije lucht is er een kans op de dodelijke ziekte longfibrose. Bij veelvuldig contact met minerale wol kan ontsteking van de huid of zelfs contacteczeem optreden.

Kunststofplaten (EPS en PUR) zijn licht en stabiel van vorm, minerale wol (steen- en glaswol) zijn gemakkelijk plooibaar. Als je geen voorzorgsmaatregelen treft bij het gebruik van minerale wol krijg je jeuk of een onaangename geïrriteerde huid. Van de drie meest gebruikte isolatiematerialen is minerale wol het enige materiaal waarbij beschermende maatregelen noodzakelijk zijn.

Volgens dezelfde bron kunnen ook bij de toepassing van PUR huidproblemen optreden. Er wordt zelfs verwezen naar astmaverschijnselen. Voor EPS, in de volksmond ook wel 'piepschuim' genoemd, zijn dergelijke effecten niet gevonden.

- Vezels

Over de invloed van vrijkomende vezels bij isolatiemateriaal bestaat nogal wat onduidelijkheid. Ook in Europa blijft onzekerheid bestaan. In Duitsland bijvoorbeeld gelden duidelijke regels ten aanzien van de risico's bij het verwerken van minerale wol. (Bron: Duitse Ministerie van Arbeid en Sociale Zaken) Minerale wol geproduceerd vóór 1996 wordt als kankerverwekkend aangemerkt.

SenterNovem Isolatie: is toepassing van minerale wol slecht voor de gezondheid?

In Amerika wordt minerale wol beschouwd als een stof die, vergelijkbaar met de fijne deeltjes van asbest, inadembaar is en longaandoeningen kan veroorzaken. In Europa en Nederland bestaat er geen verbod op de toepassing van minerale wol, omdat men van mening is dat de deeltjes te groot zijn om in de longen een probleem te veroorzaken.

EPS en PUR hebben geen afgifte van radioactieve straling. Dit in tegenstelling tot materialen zoals steenwol waar geringe maar wel duidelijk meetbare hoeveelheden straling uit vrijkomt.

- Vezels en binnenklimaat

Er is een duidelijke relatie tussen het 'Sick Building Syndroom' en minerale wol, voornamelijk in kantoorgebouwen.

Formaldehyde-emissie vindt wel bij minerale wol plaats maar niet bij EPS en PUR.

(Stichting verstandig isoleren, 2016)

Referentielijst

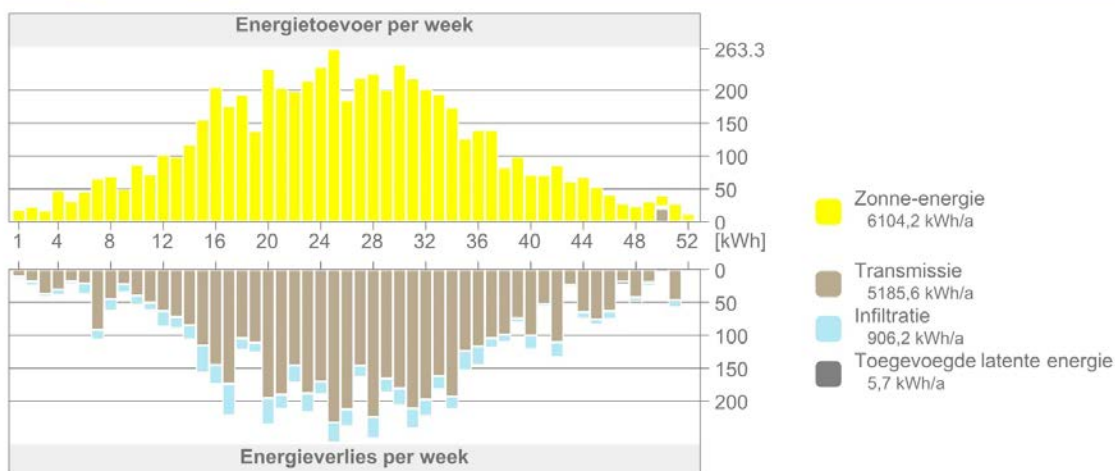
- Beertens - Schoofs. (2014). *Glas*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.beertens-schoofs.be/cms/index.php/2014-02-19-09-40-09/dubbel-glas/hoog-rendements-glas/itemlist/category/18-glas.feed>
- Boerstra, A. & Leijten, J. (2003, juni). Binnenmilieu en productiviteit: eindelijk harde cijfers. *Verwarming & Ventilatie*, pp. 297-393.
- Bouwen met staal. (2016). *Energieopslag met PCM*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via http://www.duurzaamstaal.nl/p/473/energieopslag_met_pcm.html
- Bouwlogie. (2014, 13 januari). *Bouwlogie*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.bouwlogie.nl/betonkernactivering/>
- Bovenlander, i. (2012). *Maatschappelijke overwegingen bij het in-situ aanbrengen van PUR-isolatie aan de onderzijde van vloeren*. Muiden Nederland. GRID Consult.
- Brussels Instituut voor Milieubeheer. (2007, februari). *Infofiche eco-bouwen: een nieuwe definitie geven aan het thermisch comfort*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://app.leefmilieubrussel.be>
- Brussels Instituut voor Milieubeheer. (2010, juli). *Een warmtestrategie ontwikkelen*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://app.leefmilieubrussel.be>
- Brussels Instituut voor Milieubeheer. (2010, september). *Fiche 3.1: Free Cooling op basis van intensieve ventilatie*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://app.leefmilieubrussel.be>
- Brussels instituut voor milieubeheer. (2010, juli). *infofiche eco-bouwen: een koudestrategie ontwikkelen*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://app.leefmilieubrussel.be>
- Brussels Instituut voor Milieubeheer. (2010, juli). *Infofiches eco-bouwen: De juiste zonwering*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://app.leefmilieubrussel.be>
- Brussels Instituut voor Milieubeheer. (2010, juli). *Zorgen voor thermische inertie*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://app.leefmilieubrussel.be>
- Centexbel. (2010, juni). *Recyclage van vezels en kunststoffen - feedstock recyclage [brochure]*. Brussel, België.
- Dakisolatie-expert. (2016). *Dakisolatie-expert.be*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.dakisolatie-expert.be/soorten-dakisolatie>
- de Vaan, C., Wiedenhoff, J. & Hensen, J. (2010). De mythe thermische massa. *TVVL Magazine*, vol.39 no.7/8 pp.28-31 .
- Deckers, T. & Vaesen, W. (2015, 1 juni). Typologiewoning sociale woningbouw: impact op energetisch en structureel niveau bij een BEN-renovatie. Hasselt, België.
- Departement Leefmilieu, Natuur en Energie. (2014, 29 november). *Gezondheid.be*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via http://www.gezondheid.be/index.cfm?fuseaction=art&art_id=17325
- Departement Leefmilieu, Natuur en Energie. (2014). Zitten er gevaarlijke isocyanaten in polyurethaan-isolatiemateriaal. Brussel, België.
- Devree, J. (2016). *PCM*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.joostdevree.nl/shtmls/pcm.shtml>
- European Concrete Platform. (z.d.). Thermische massa voor energiezuinige gebouwen. Brussel, België.
- François, L. (2014, 25 maart). Deeltaak 3.1: Technologische inventaris en selectie van structurele thermische energieopslag versie 1.5.
- fvb-ffc Constructiv. (2013). *Centrale verwarming, CV warmteverliesberekening*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://fvb-ffc Constructiv>
- GGDGHOR Nederland. (2015, 15 januari). *GGD'en onderzoeken gevolgen PUR-vloerisolatie*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.ggdghor.nl/nieuws/2013/02/22/ggden-onderzoeken-gevolgen-pur-vloerisolatie>
- Hendriks, K. & de Vries, B. (z.d.). Stadskoeling. Wageningen Universiteit en Research Centre, Nederland. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.biodiversiteit.nl/biodiversiteit-is-levensbelang/ecosysteemdiensten/stadskoelin9g>

- Het Portaal. (2016). *Zorgeloze zomers dankzij zonwerend glas*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.hetportaal.be/zonwerend-glas.html>
- Inspirerend wonen. (2013, 30 januari). *Passief wonen in een passiefhuis*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.inspirerend-wonen.be/passiefwoning/passief-wonen-in-een-passiefhuis.html>
- Kubus BV. (2016). *Ecodesigner STAR, a new star is born*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.kubusinfo.be/ArchiCAD/ArchiCAD/Duurzaamheid/ecodesigner-star>
- Kwadraat Villaprojecten. (2016). *Kenmerken van een Kwadraat-woning*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.kwadraat.be/kenmerken-van-een-kwadraatwoning/duurzaamheid>
- Livos. (2016). *Bouwtechnieken*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.livos.be>
- Maréchal - Dewolf bvba. (2016). PUR, Het nieuwe asbest verhaal? Brugge, België.
- Moduul Bvba. (2016). *Blowerdoortest*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.mijnepb.be/overige-diensten/blowerdoortest/>
- Navb - cnac. (2014, 21 augustus). Bewerken en spuiten van PUR isolatieschuim. Brussel, België.
- Nieboer, N., Nuiten, P., Donze, G. & Hoiting, H. (2015, 9 november). Nederlandse voorgenomen eisen BENG ten opzichte van (concept-)eisen BENG in 7 vergelijkbare EU lidstaten. Utrecht/Eindhoven, Nederland.
- Passiefhuisbouwer, D. (2016). *Buitenzonwering verbetert het wooncomfort en bespaart energie*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://passiefhuisbouwer.nl/voorzieningen/buitenzonwering/>
- Renofficebvba. (2014, 6 januari). *PIR versus PUR isolatie: wat is het verschil?* Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.renoffice.be>
- Staessens, E. (2016, 23 februari). Wat is hybride bouwen én hoe pak je het aan? *Ik ga bouwen & renoveren*, pp. 39-43.
- Stichting verstandig isoleren. (2016). *Milieu*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.isolatie.info/milieu>
- TNO. (2013, 30 augustus). *TNO: PUR-isolatie is veilig*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://nos.nl/artikel/545996-tno-pur-isolatie-is-veilig.html>
- Vakfederatie Rietdekkers. (2016). *De omgeving van het dak*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via http://www.riet.com/het_rieten_dak/levensduur/omgeving.html
- Valcke chape. (2016). *Vloerisolatie*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://chapevalcke.be/home/nl/vloerisolatie.html>
- Van den Brom, P. (2013, januari). *Koelen door middel van (nacht)ventilatie: een rekentool voor de architect [bachelorproef]*. Delft, Nederland.
- Vanhove, T. (2012, 6 augustus). *Alternatieve zonwering*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.habitos.be>
- Ventilatie Woning Nederland. (2016). *De aardwarmtewisselaar of Canadese put*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.ventilatiesysteemabcd.be/aardwarmtewisselaar-canadese-put.html>
- Verbiest & Partners. (2016). *Vloerisolatie in gespoten PUR, waar of niet waar?* Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.isolerenmetpurisolatie.be/be-nl/info/114/Fabeltjes-over-gespoten-PUR.html>
- Warmtepompen advies. (2016). *Geothermische warmtepompen (grond/water)*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://warmtepompenadvies.be/geothermische-warmtepompen-grondwater/>
- Wikipedia. (2014, 19 januari). *Ladder van Lansink*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via https://nl.wikipedia.org/wiki/Ladder_van_Lansink
- Witthaa.com. (z.d.). *La termitière*. Geraadpleegd op 6 juni 2016 via <http://www.witthaa.com/biomimiccards/air-termitiere.html>

Bijlagen

Bijlage 1: resultaten van de simulatie 3.1 voor de EHP woning zonder ingrepen en zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	2.9 10:00 feb 20	35.3 20:00 juli 11
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	3.4 09:00 feb 20	31.9 19:00 juli 29
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	2.1 09:00 feb 17	31.2 20:00 juli 29
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	3.1 09:00 feb 20	32.2 20:00 juli 11
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

Aantal gebruiksuren per jaar:

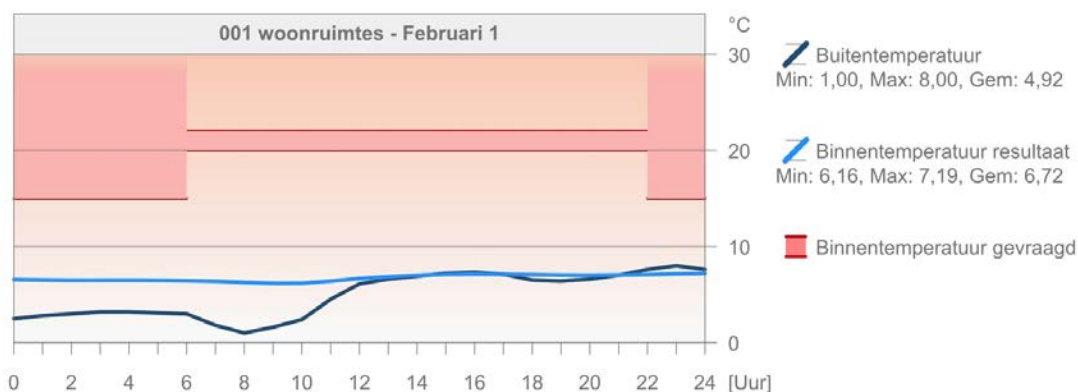
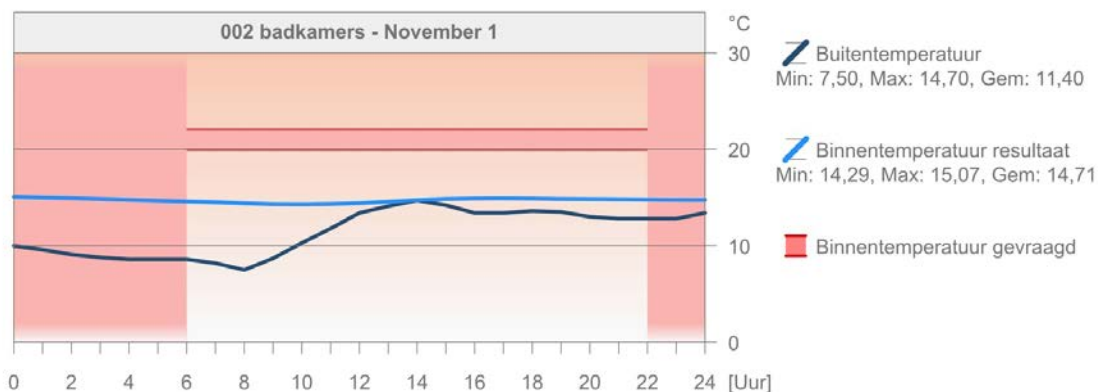
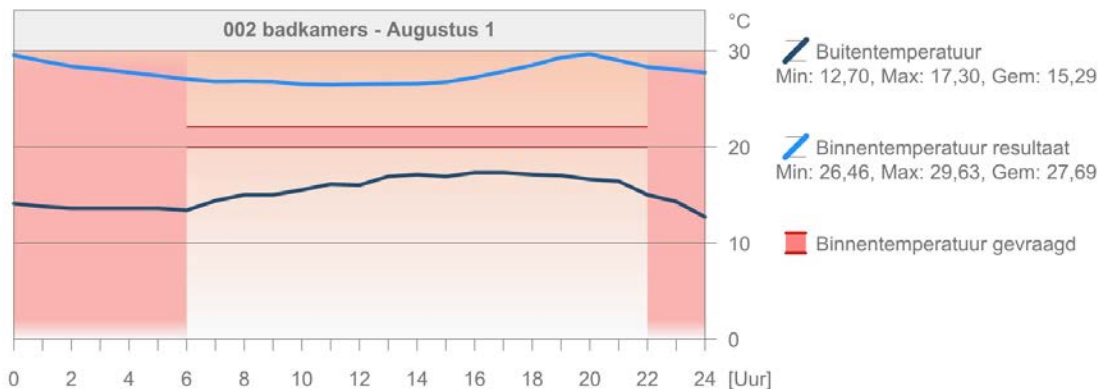
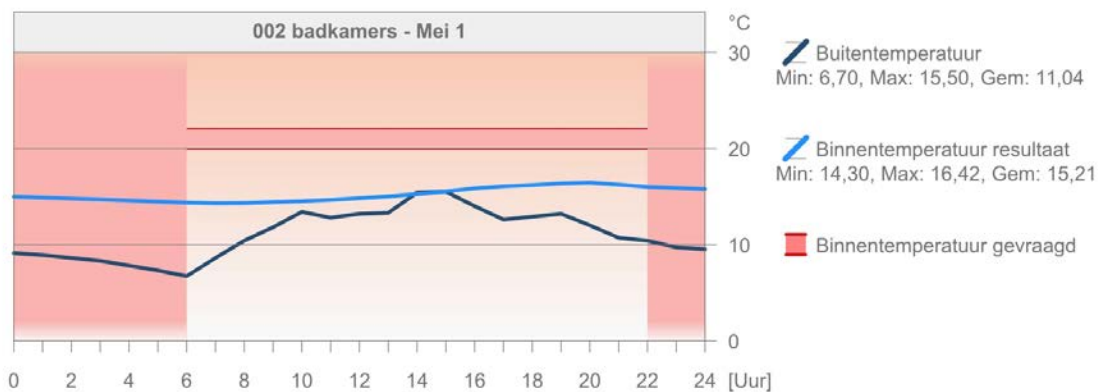
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

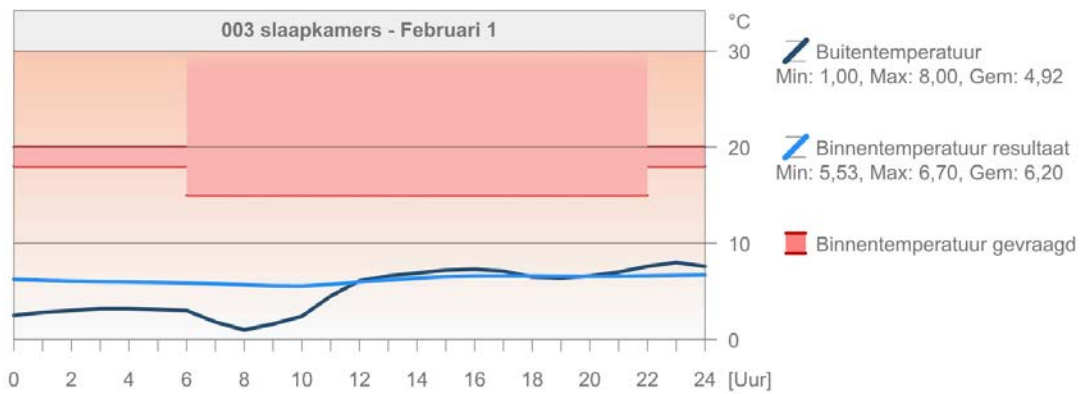
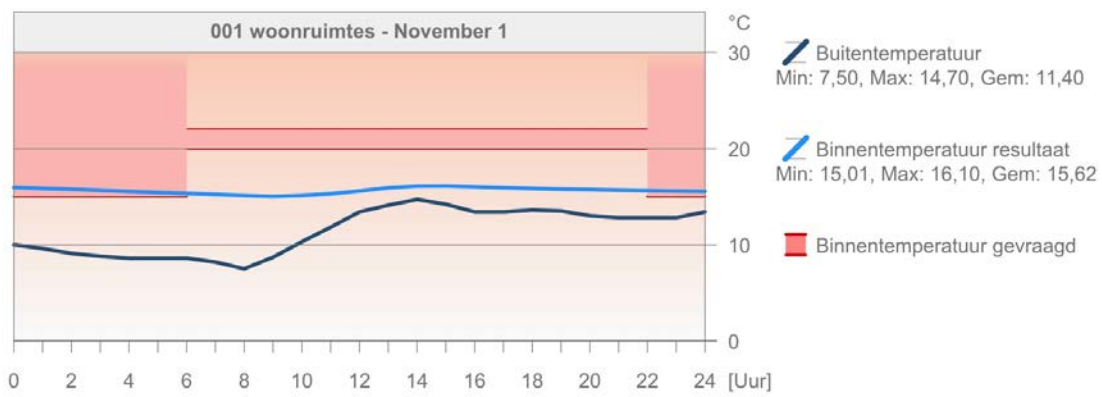
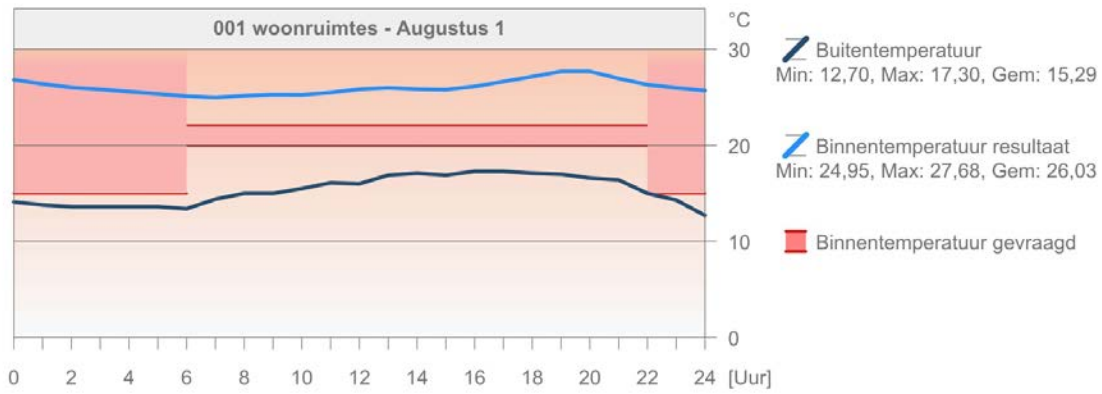
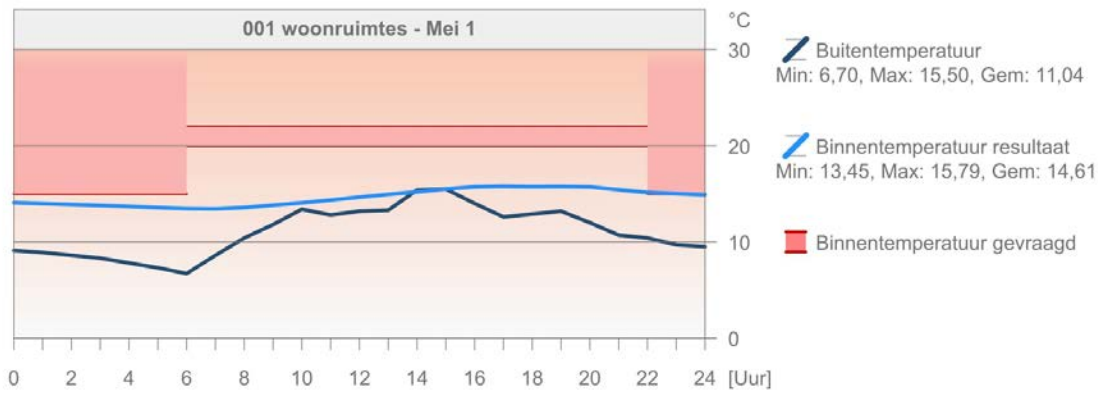
Onvervulde comforturen per jaar

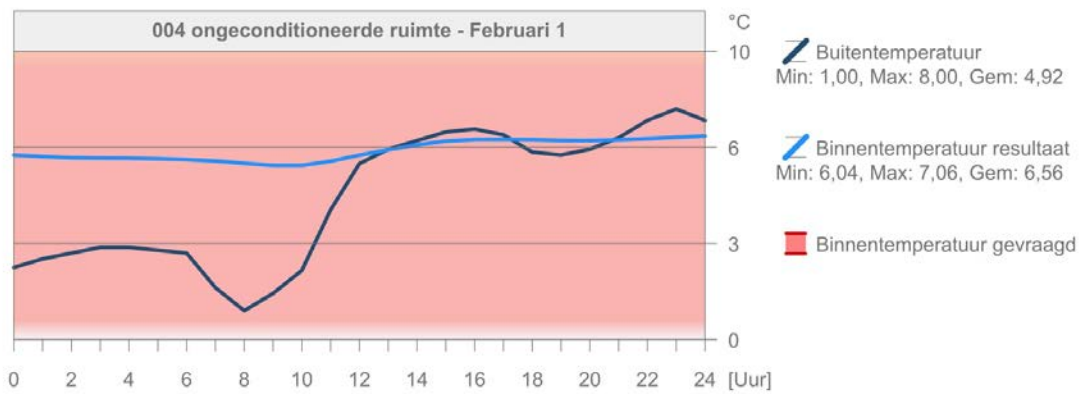
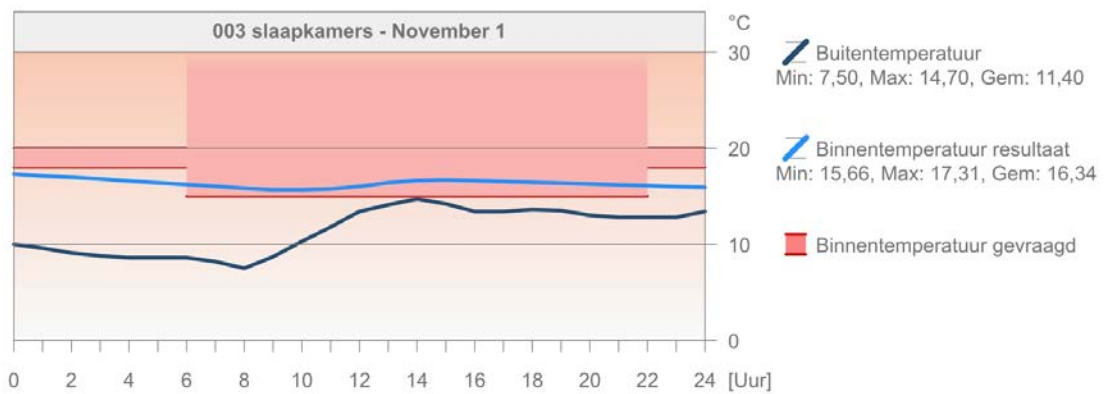
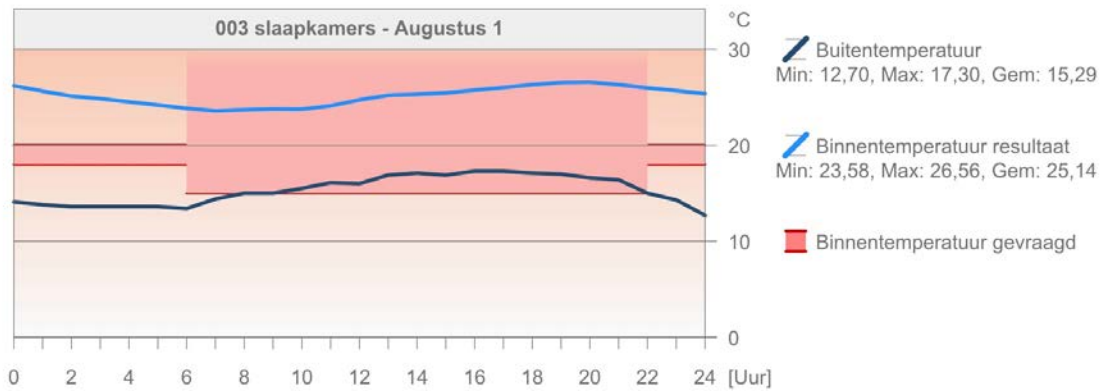
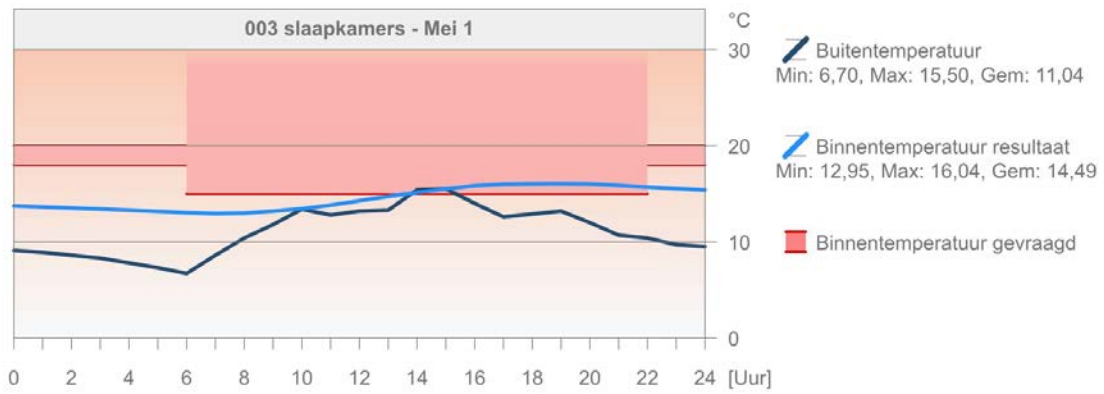
Verwarming: 5314 uur
Koeling: 2257 uur

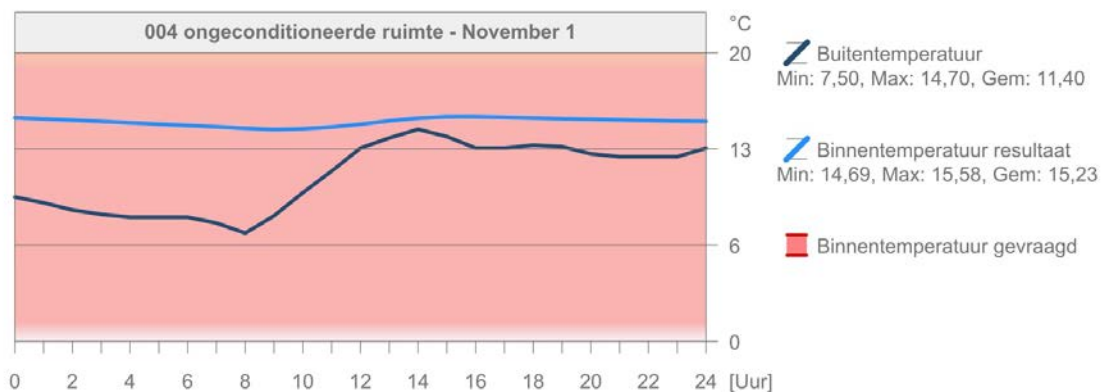
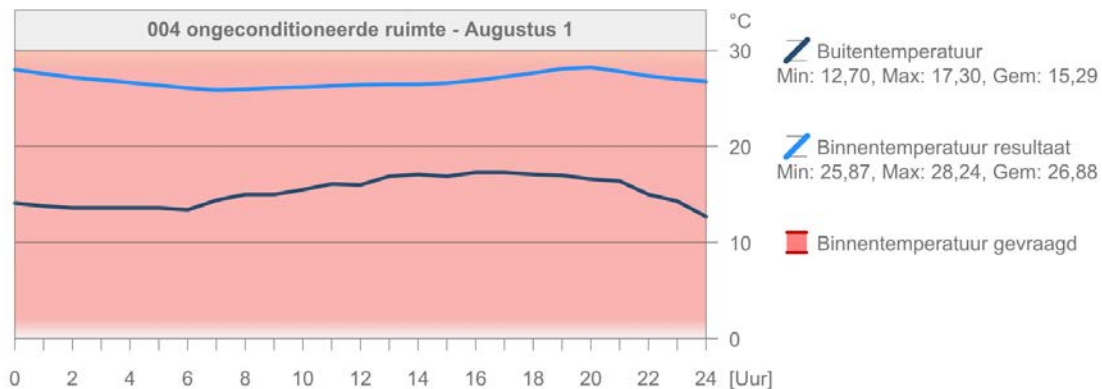
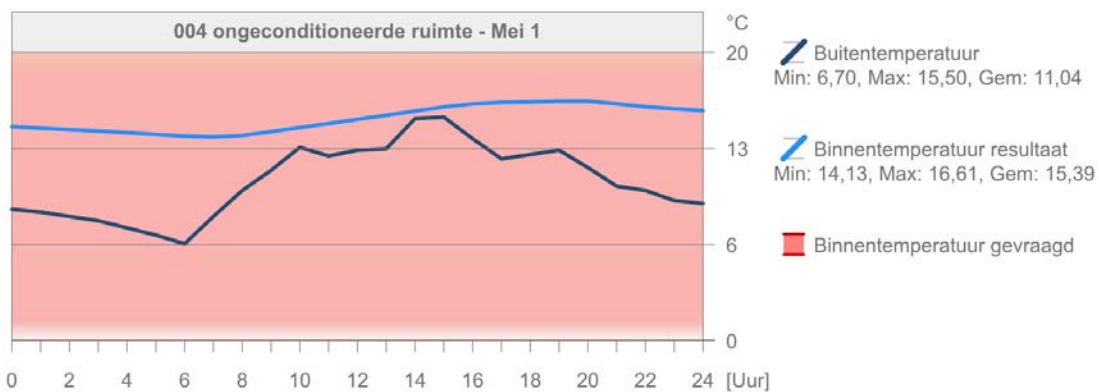
Temperatuurprofiel per dag





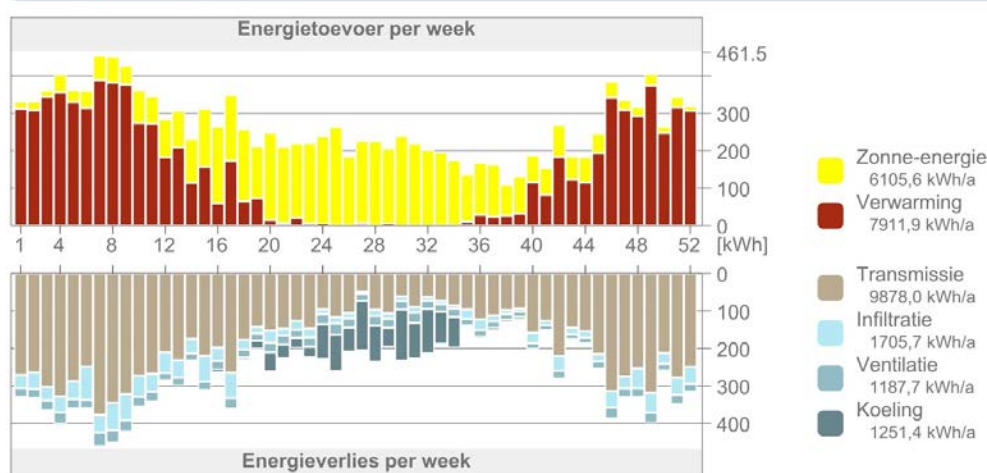






Bijlage 2: resultaten van de simulatie 3.1 voor de EHP woning zonder ingrepen en met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingsvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	641	0.5 07:00 nov 15	66	0.5 20:00 juli 05	15.6 06:00 nov 15	23.6 24:00 juli 05
001 woonruimtes	5565	4.0 07:00 nov 15	853	4.0 19:00 juli 05	14.6 06:00 feb 17	23.6 24:00 juli 05
003 slaapkamers	1704	1.8 23:00 feb 20	331	2.7 23:00 juli 05	14.6 09:00 feb 17	27.8 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	7.4 09:00 feb 20	29.8 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	7911	4.5 07:00 nov 15	1251	4.4 19:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6556 uur
Koeling: 1609 uur

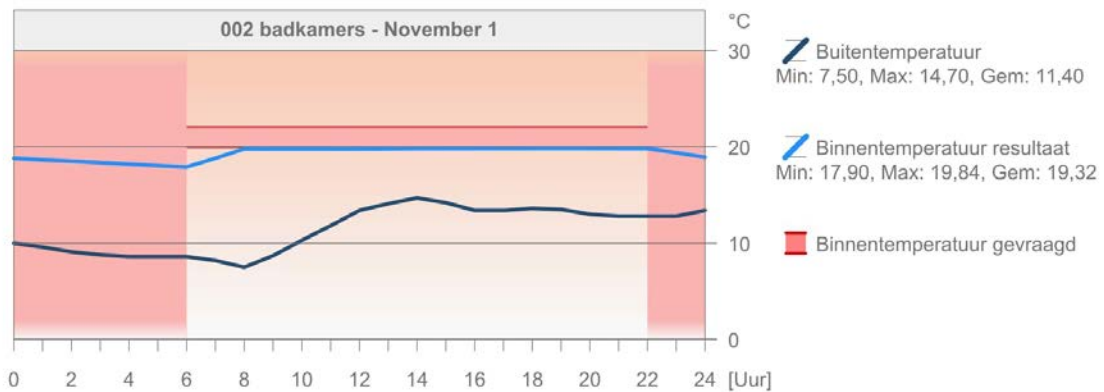
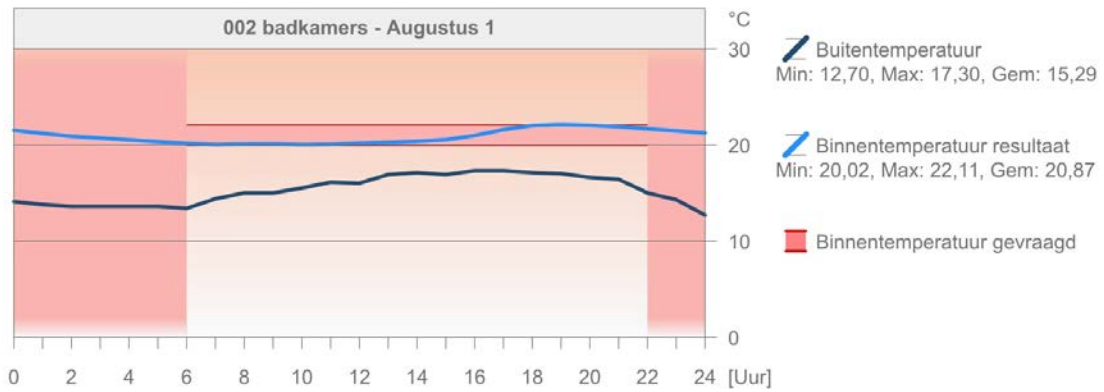
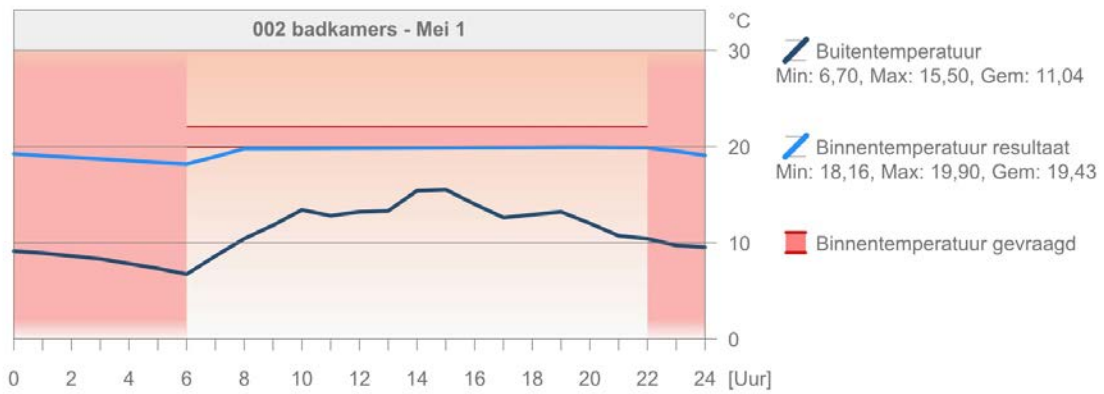
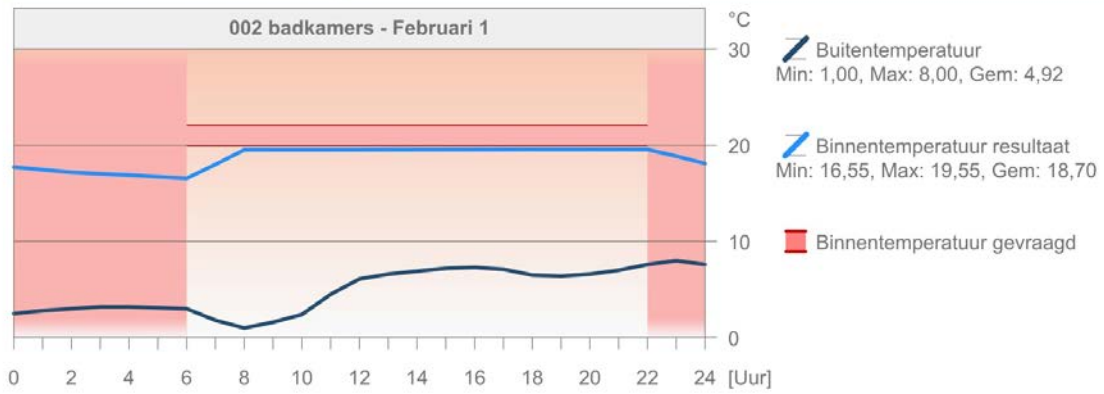
Onvervulde comforturen per jaar

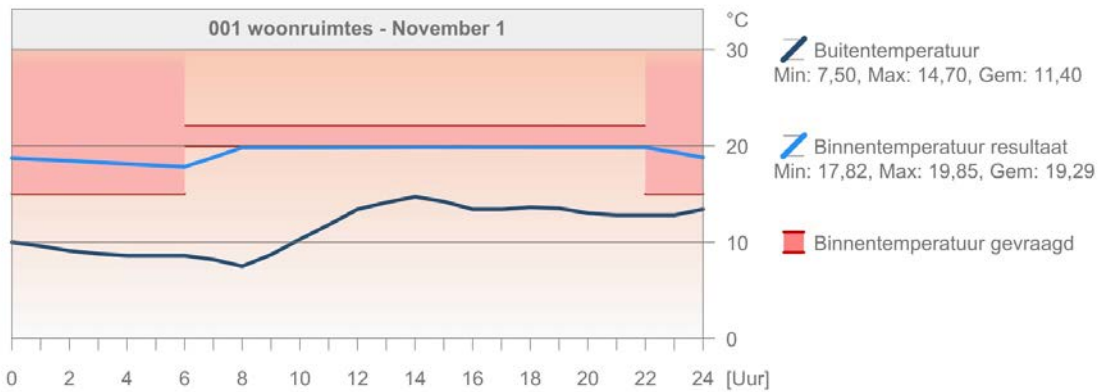
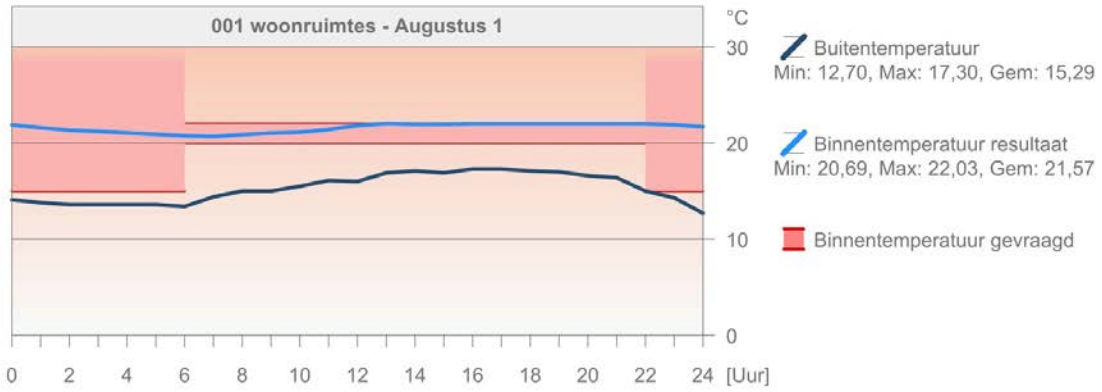
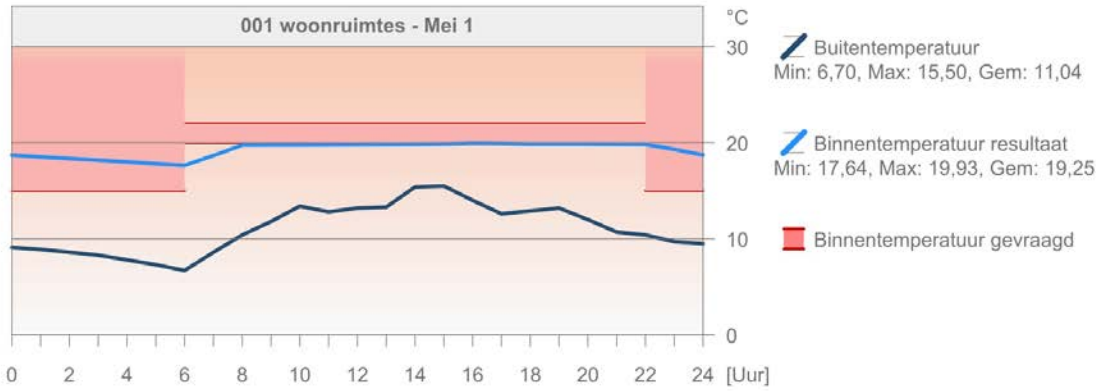
Verwarming: 353 uur
Koeling: 70 uur

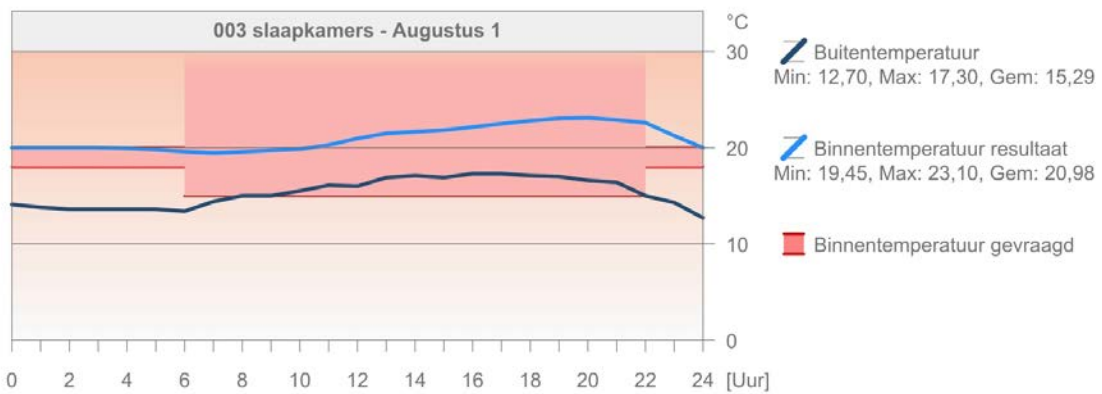
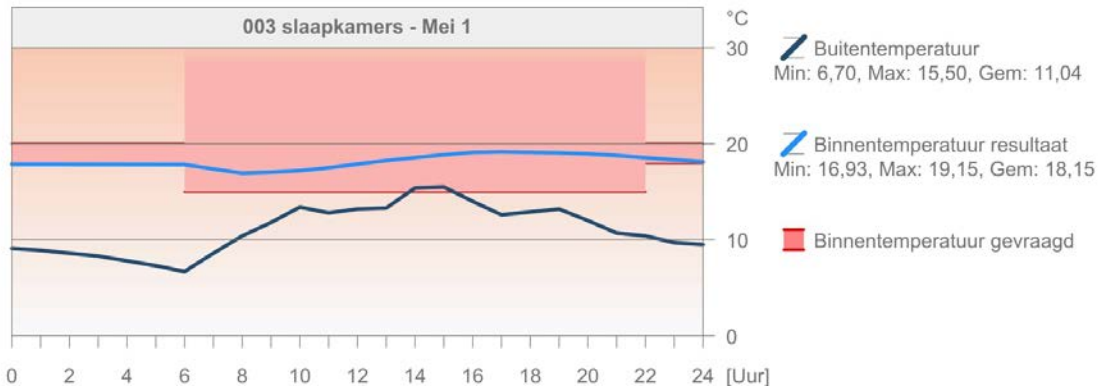
Energieverbruik per voorziening

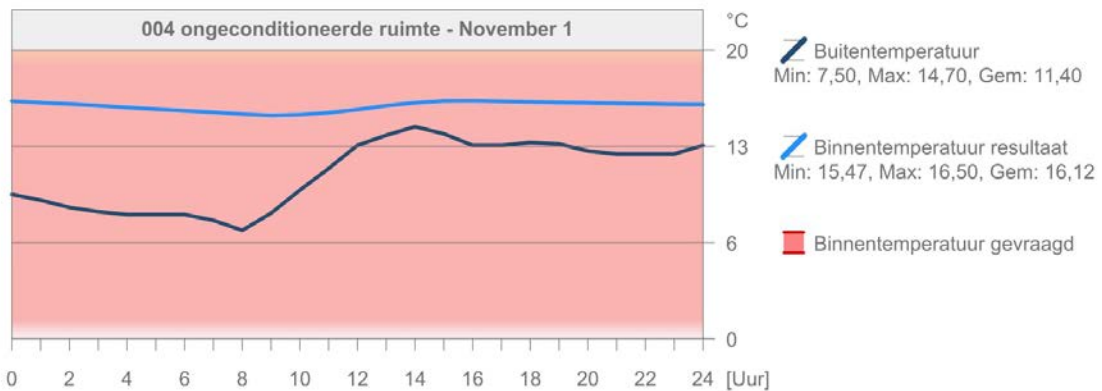
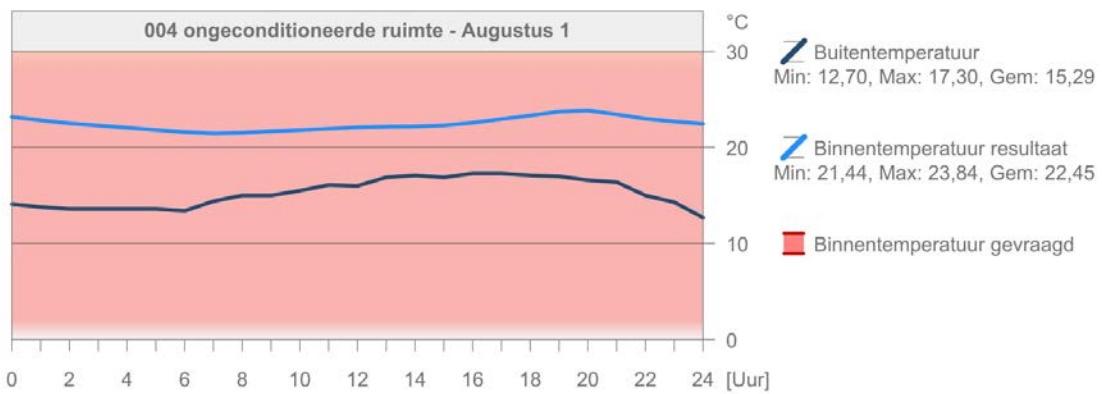
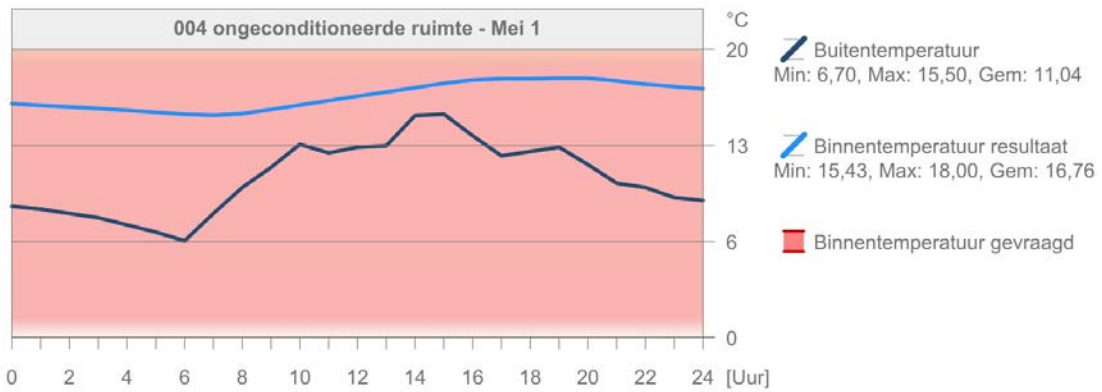
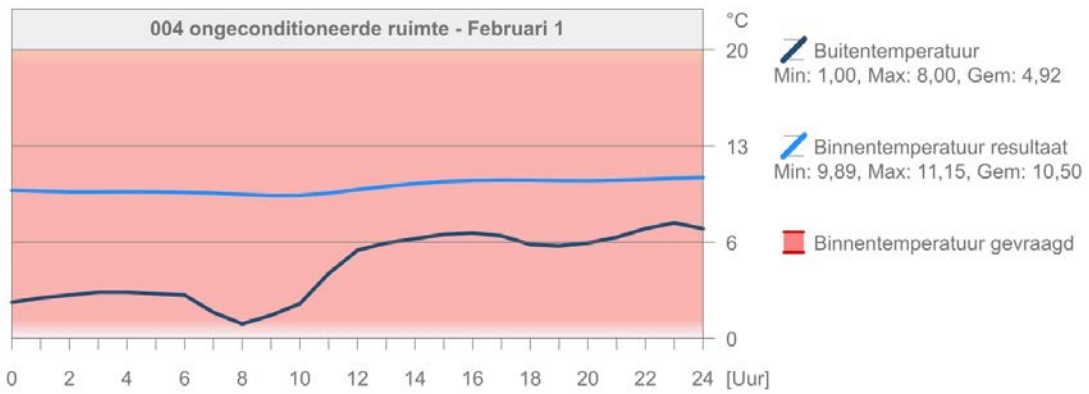
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	7911	8976	490	1708
Koeling	1251	2577	56	71
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	9319	12020	573	1814

Temperatuurprofiel per dag



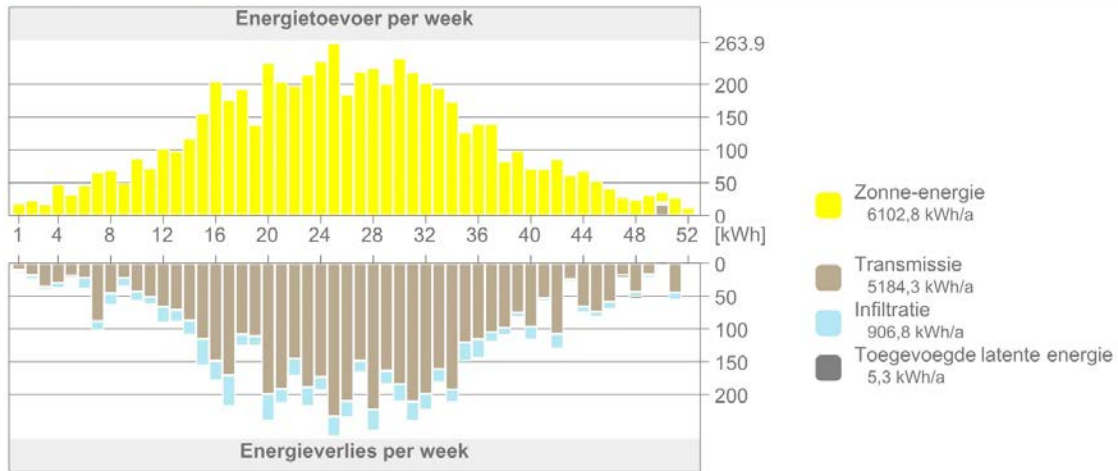






Bijlage 3: resultaten van de simulatie 3.2 voor de EHP woning met houten vloer op de benedenverdieping zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	2.9	35.3
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	3.0	32.9
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	2.0	31.2
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	3.1	32.3
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

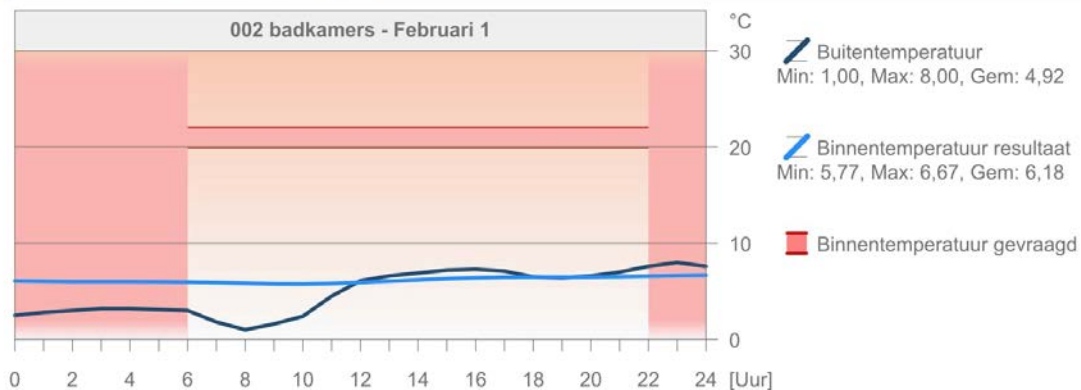
Aantal gebruiksuren per jaar:

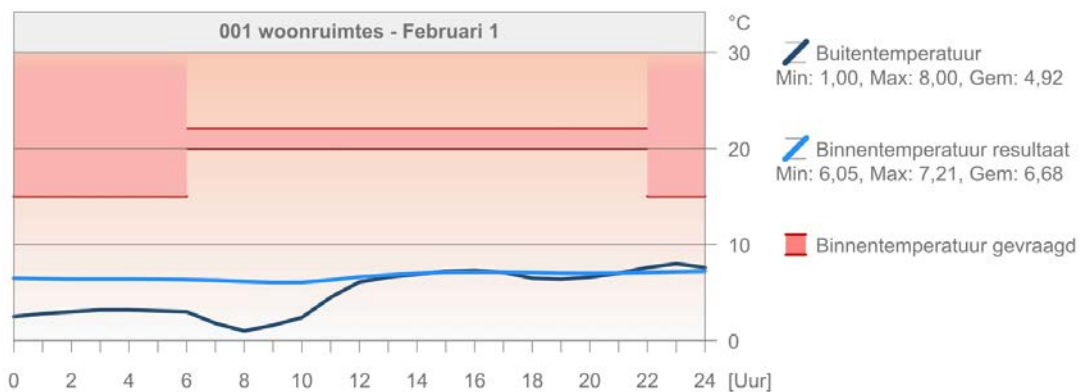
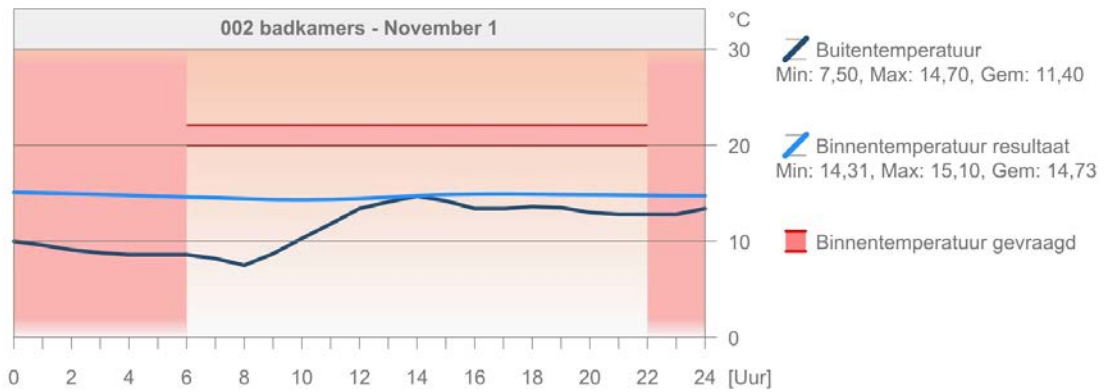
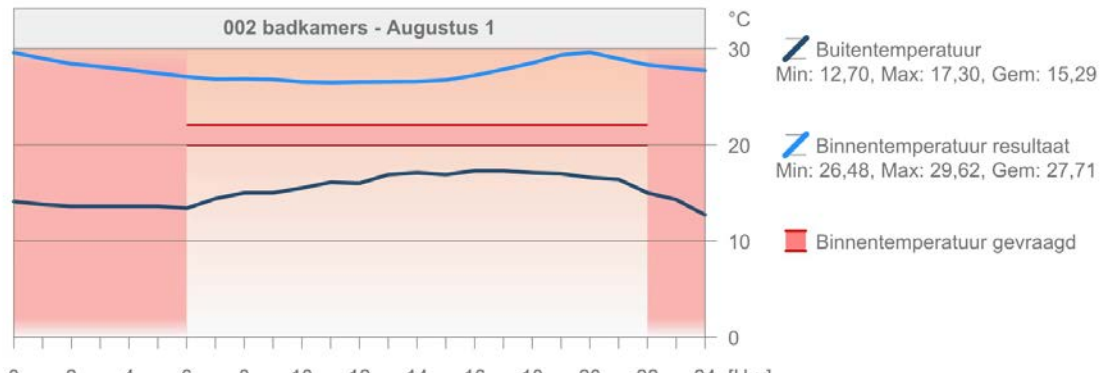
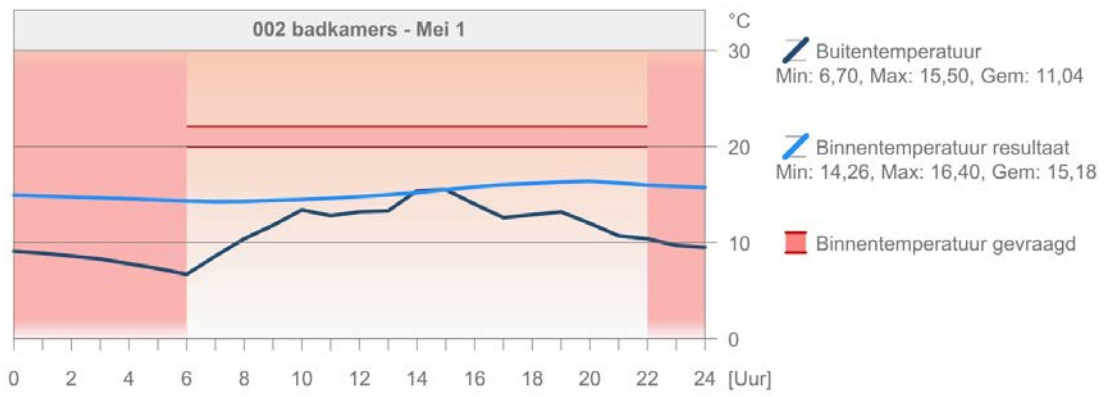
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

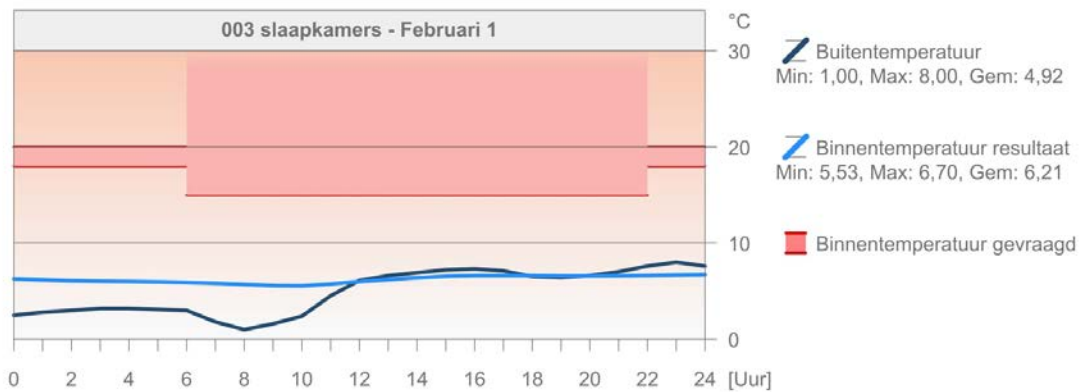
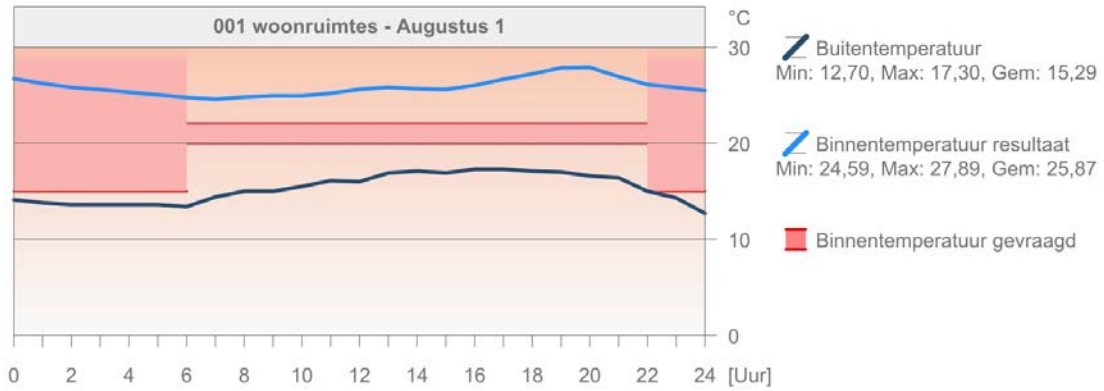
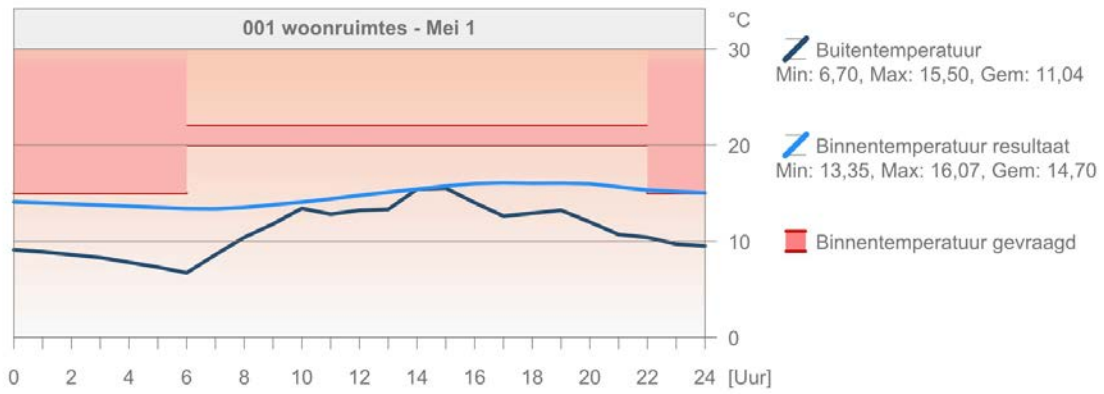
Onvervulde comforturen per jaar

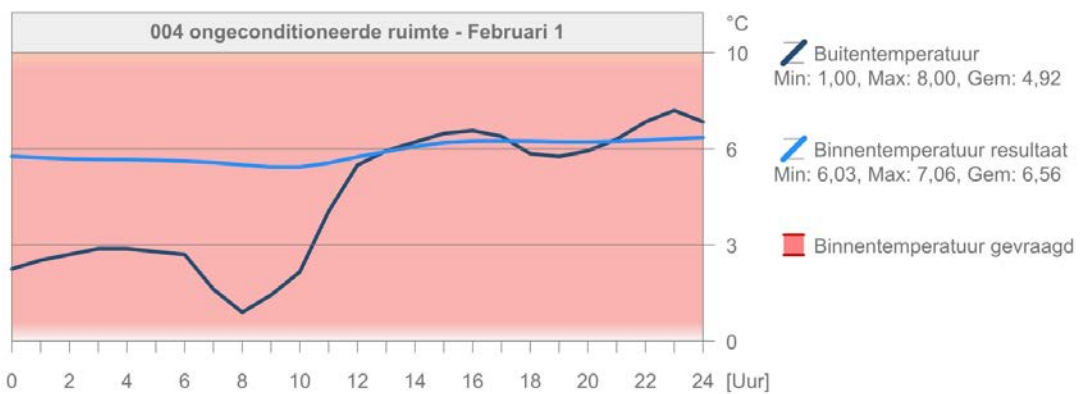
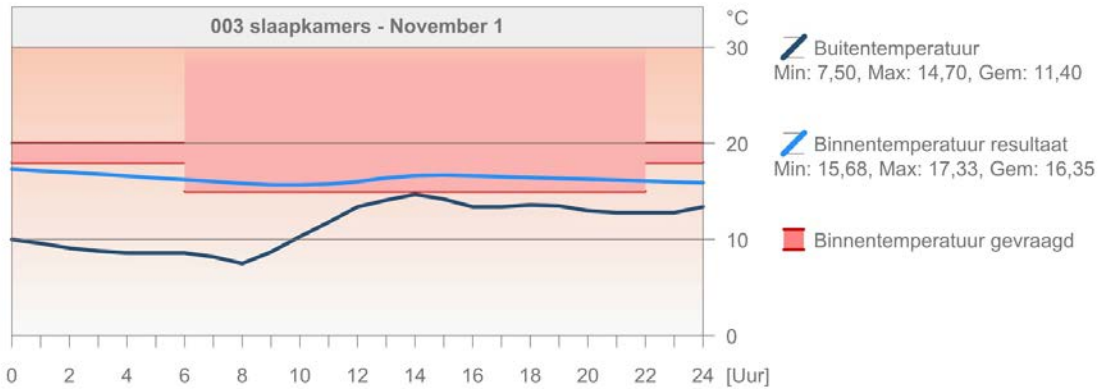
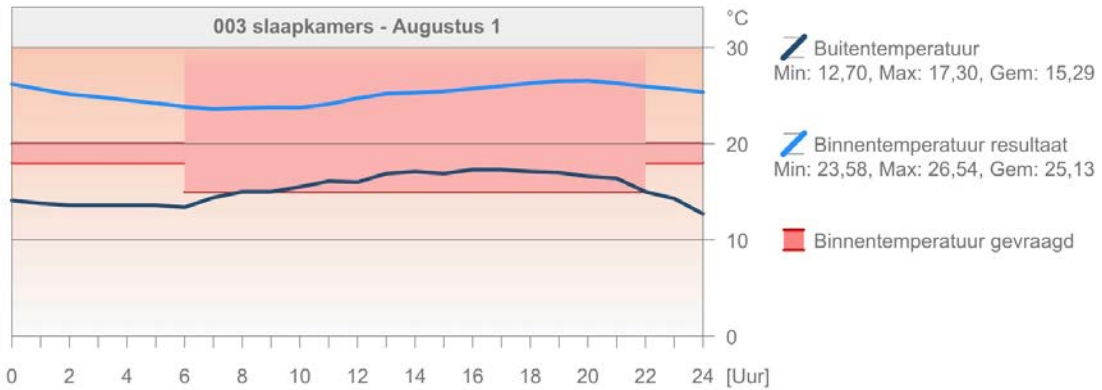
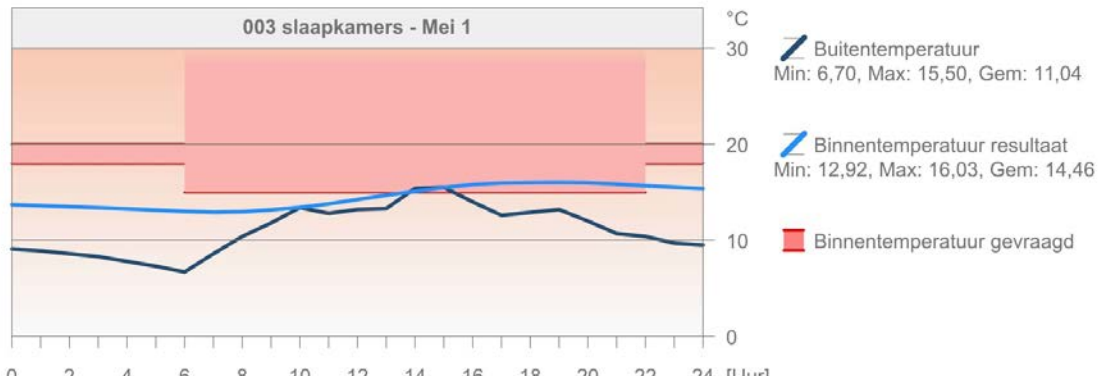
Verwarming: 5305 uur
Koeling: 2253 uur

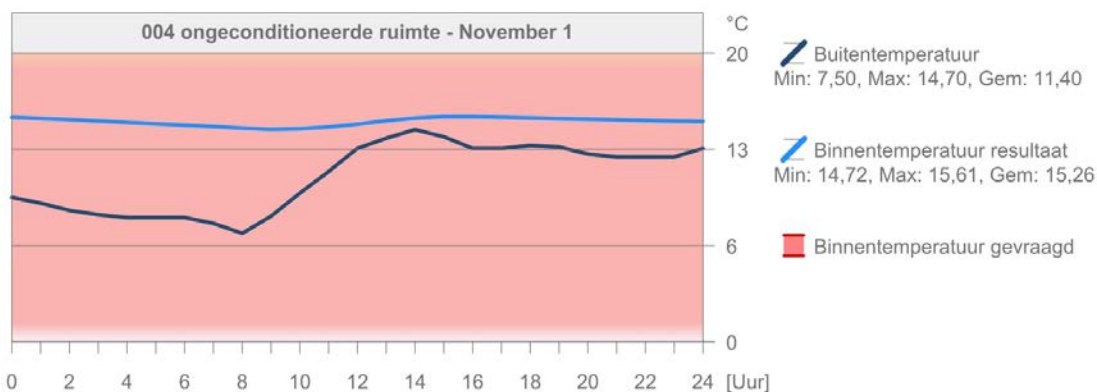
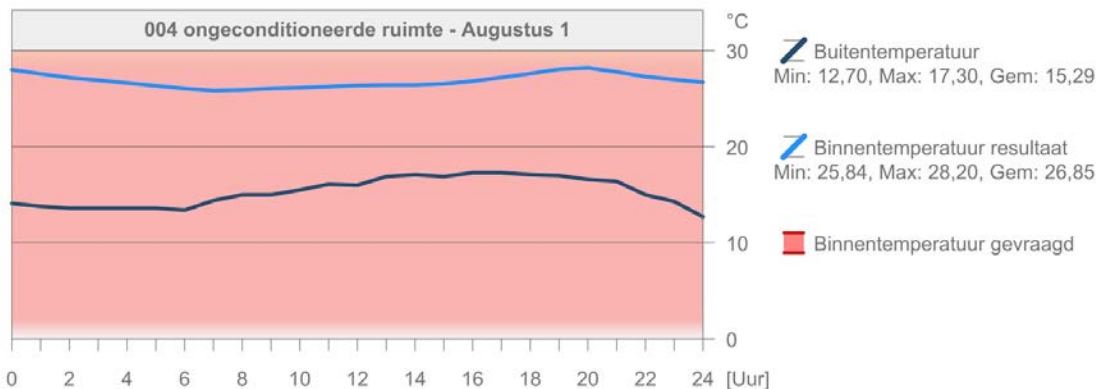
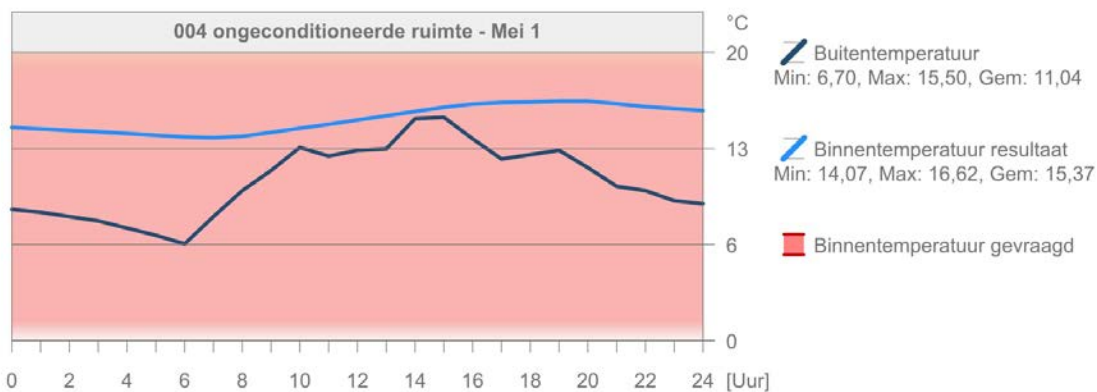
Temperatuurprofiel per dag





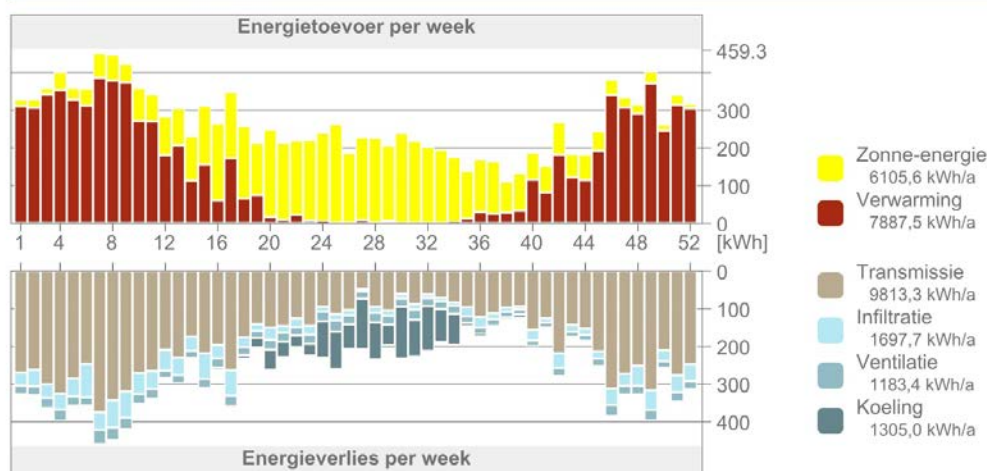






Bijlage 4: resultaten van de simulatie 3.2 voor de EHP woning met houten vloer op de benedenverdieping met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarming		Koeling		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	643	0.5 07:00 nov 15	65	0.5 19:00 juli 29	15.6 06:00 nov 15	24.2 20:00 juli 05
001 woonruimtes	5534	4.0 07:00 nov 15	909	4.2 19:00 juli 05	14.6 06:00 feb 17	23.6 24:00 juli 05
003 slaapkamers	1708	1.8 23:00 feb 20	330	2.7 23:00 juli 05	14.6 09:00 feb 17	27.8 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	7.3 09:00 feb 20	29.8 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	7887	4.5 07:00 nov 15	1305	4.4 20:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6562 uur
Koeling: 1608 uur

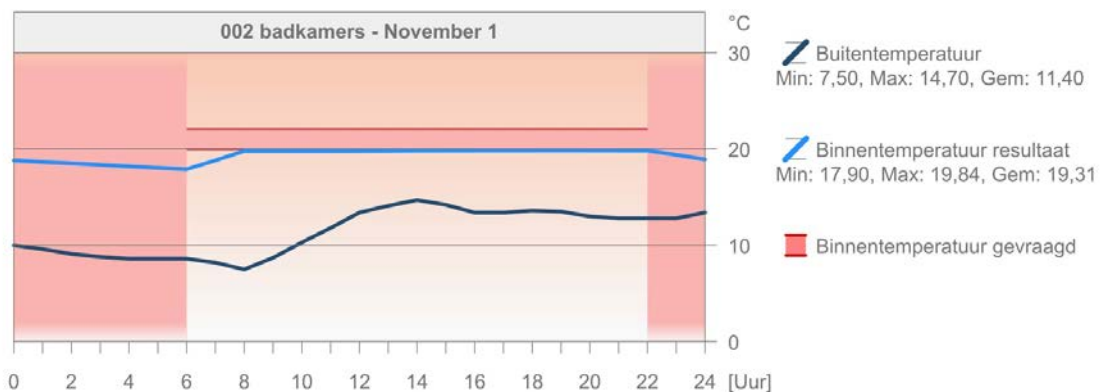
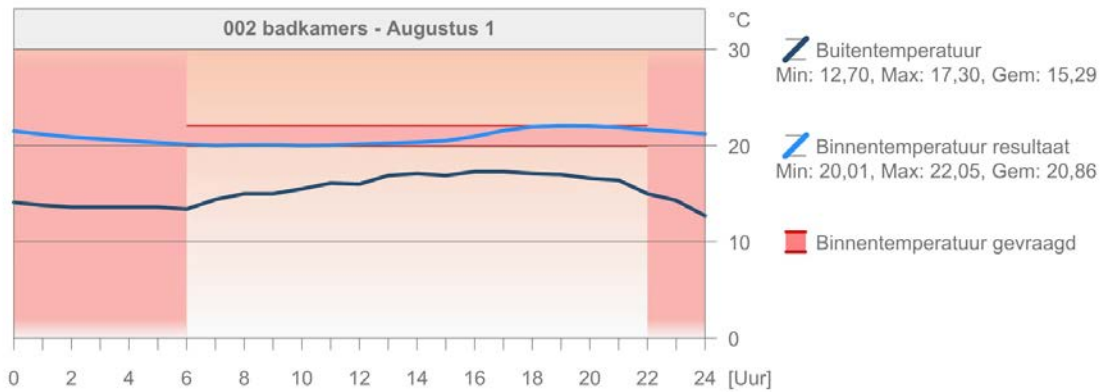
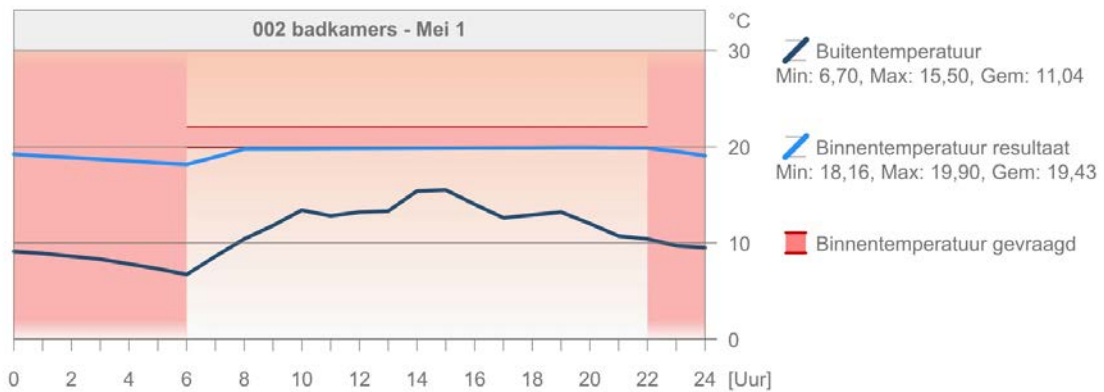
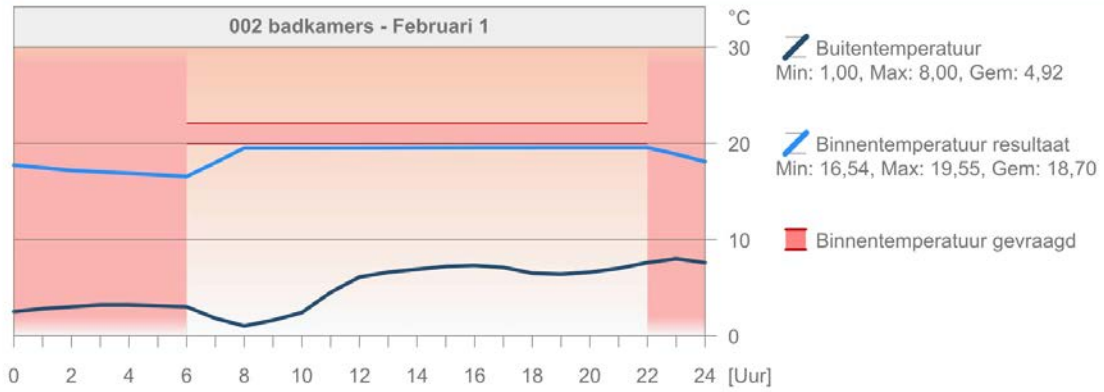
Onvervulde comforturen per jaar

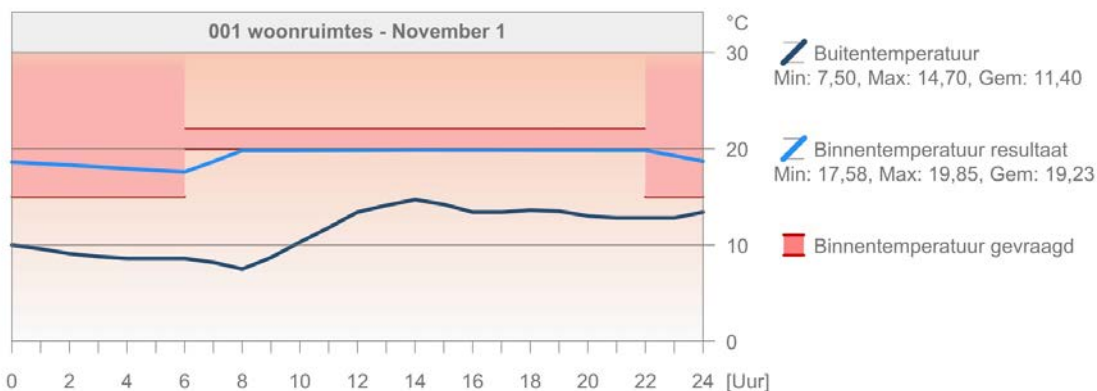
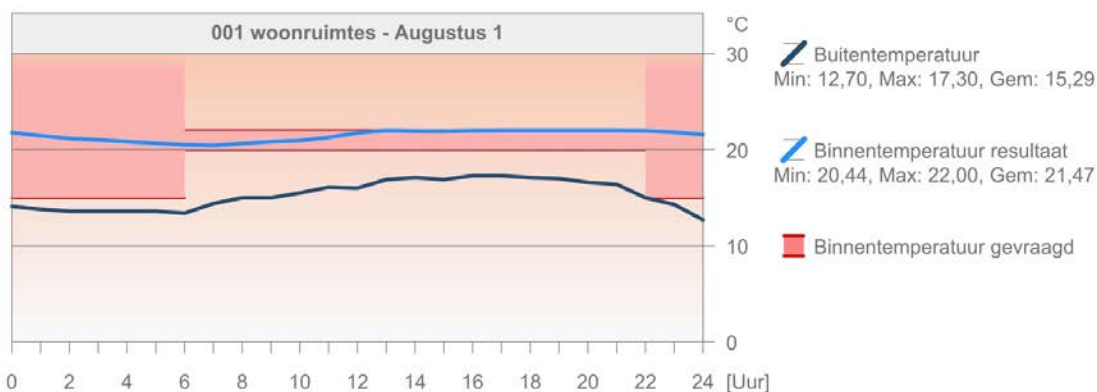
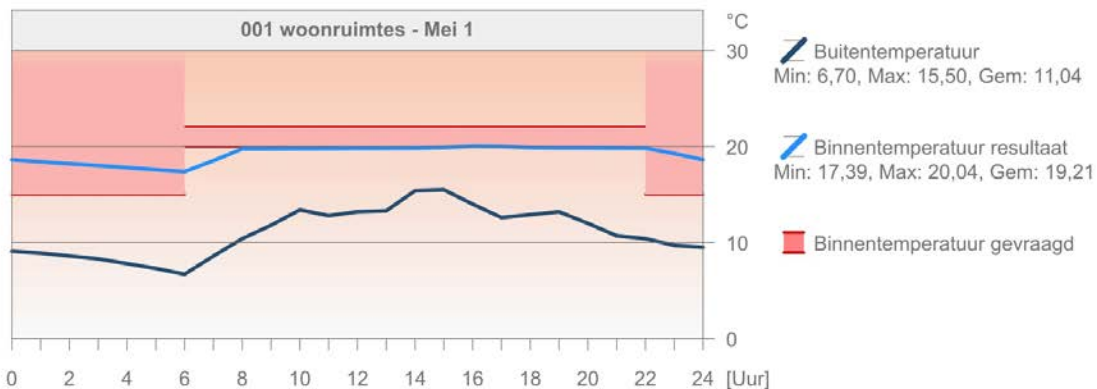
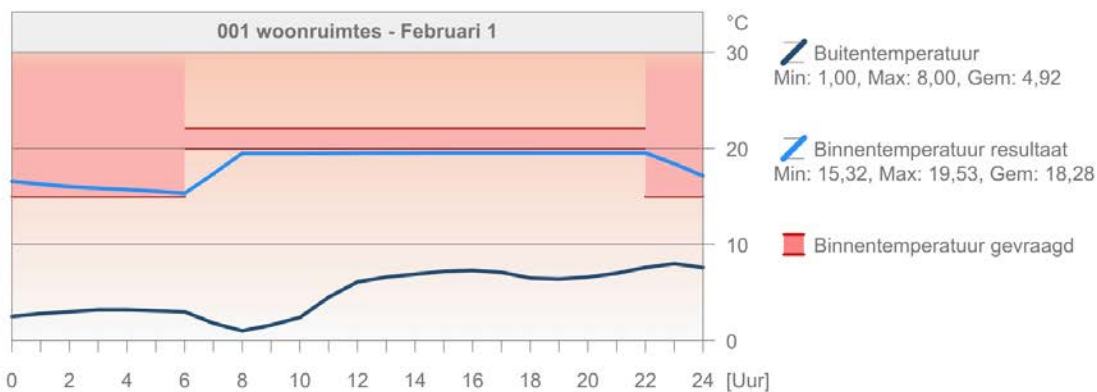
Verwarming: 360 uur
Koeling: 72 uur

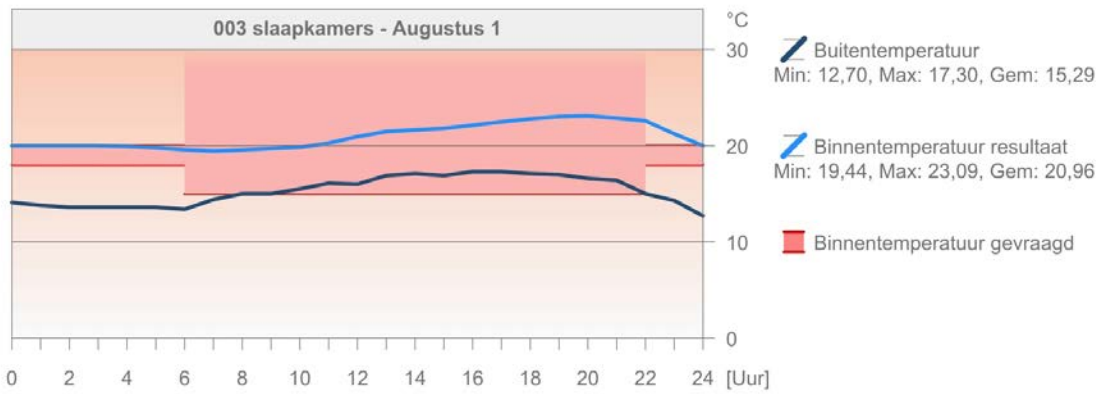
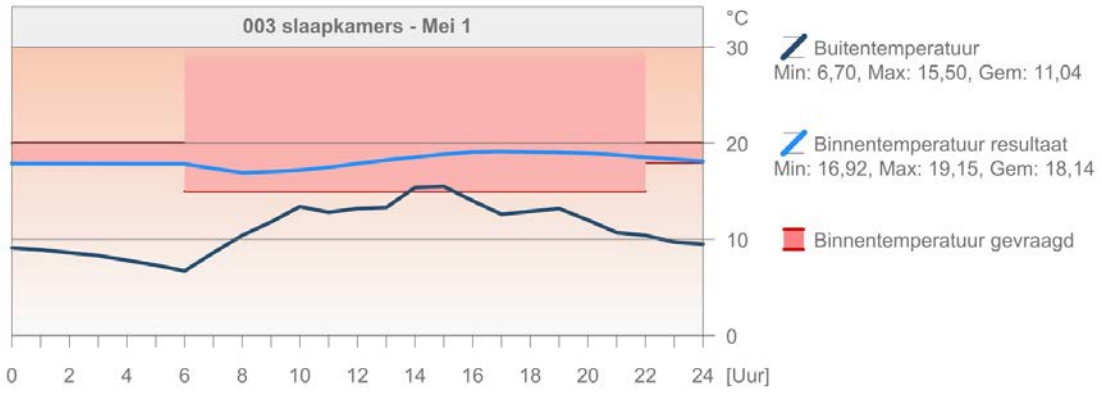
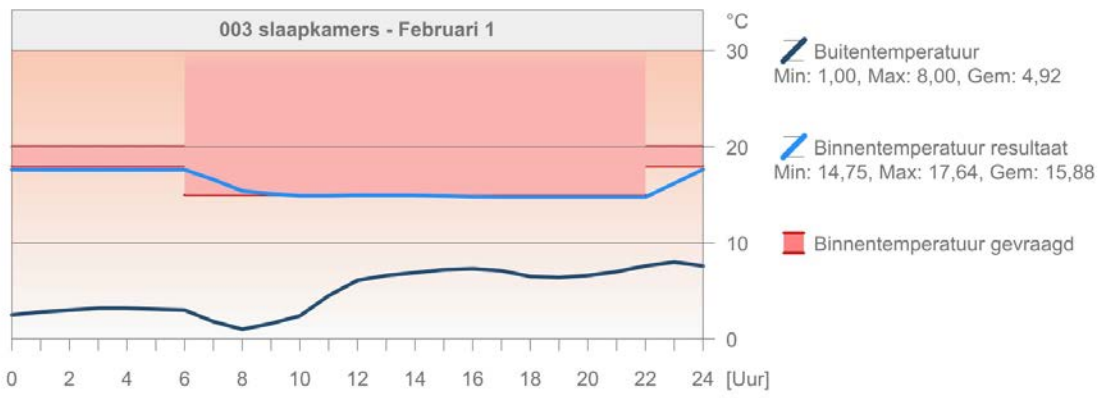
Energieverbruik per voorziening

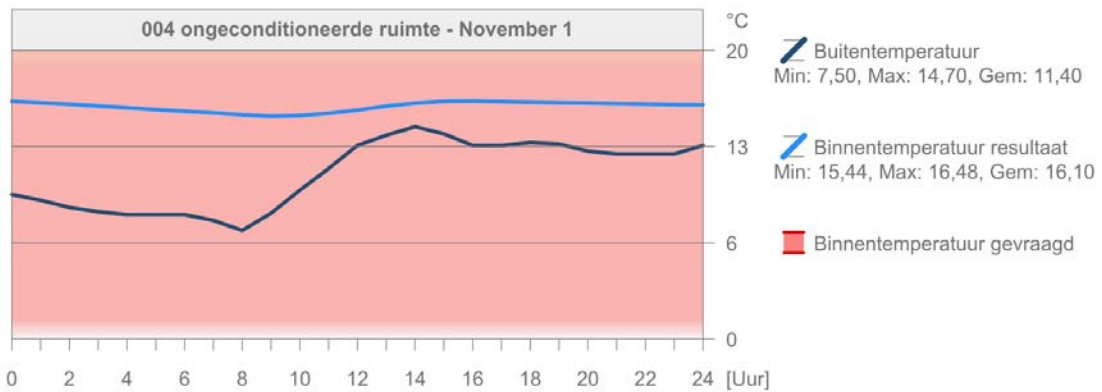
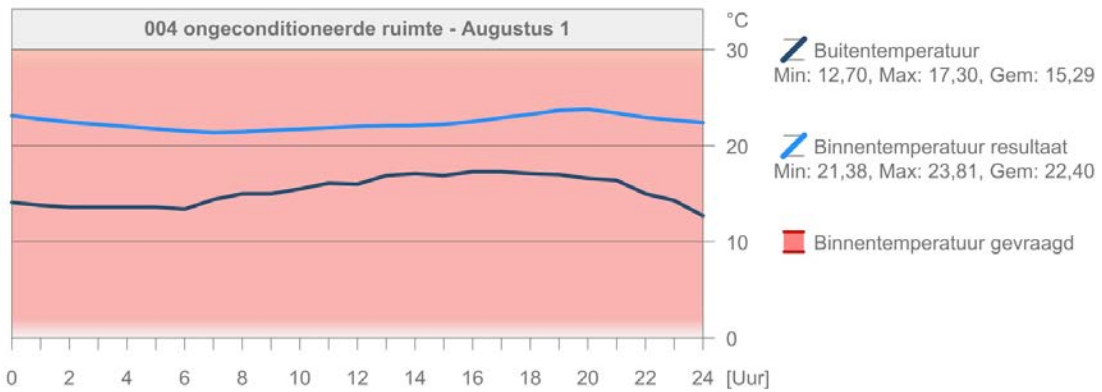
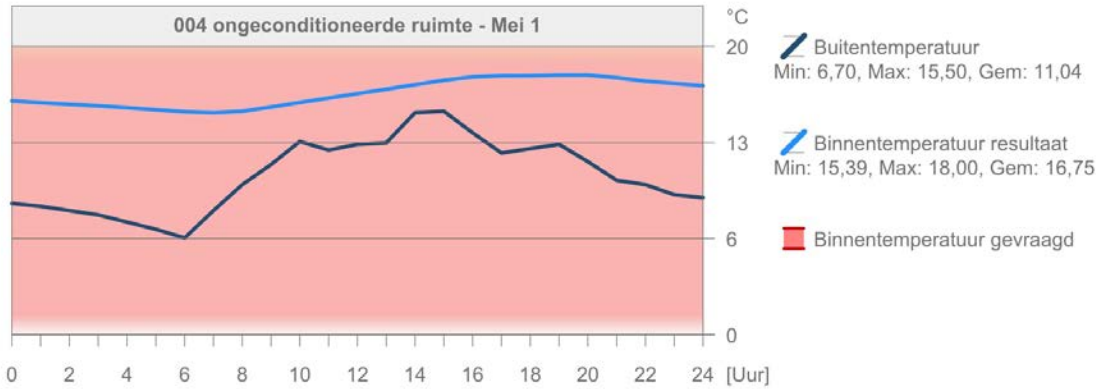
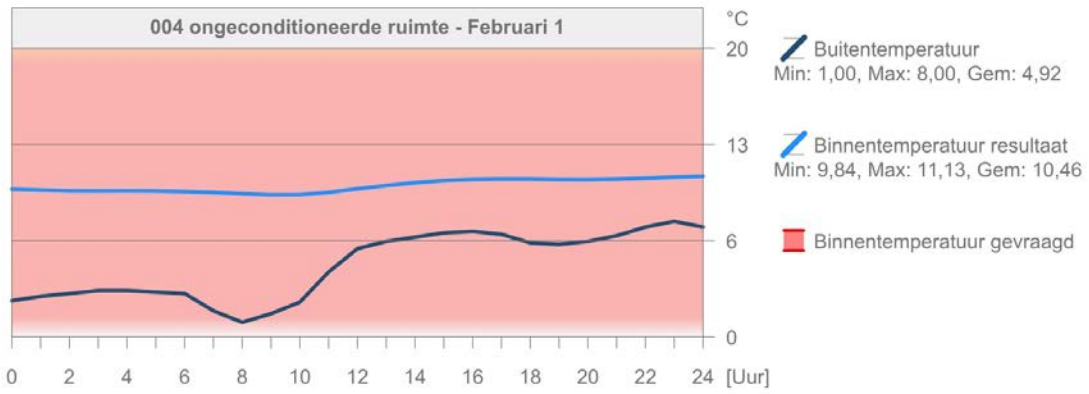
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	7887	8948	489	1703
Koeling	1305	2684	58	74
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	9348	12100	574	1811

Temperatuurprofiel per dag



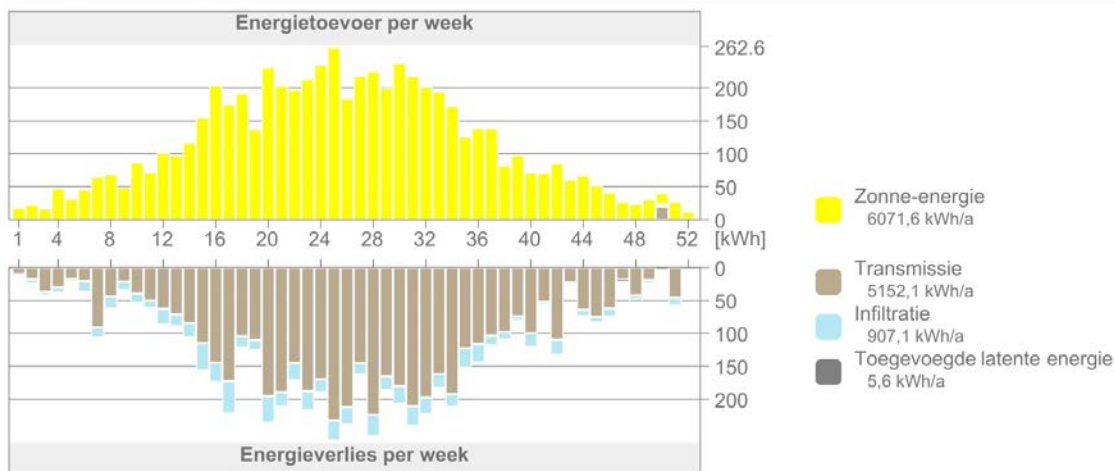






Bijlage 5: resultaten van de simulatie 3.3 voor de EHP woning waarbij de isolatie zich onder de vloerplaat bevindt zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	2.9 10:00 feb 20	35.2 20:00 juli 05
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	3.3 09:00 feb 20	32.0 19:00 juli 29
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	2.1 09:00 feb 17	31.1 20:00 juli 29
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	3.1 09:00 feb 20	32.1 20:00 juli 11
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

Aantal gebruiksuren per jaar:

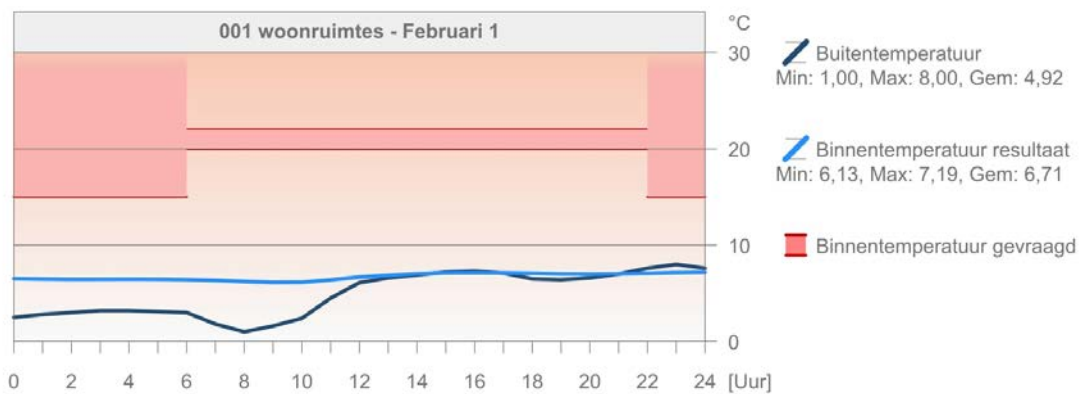
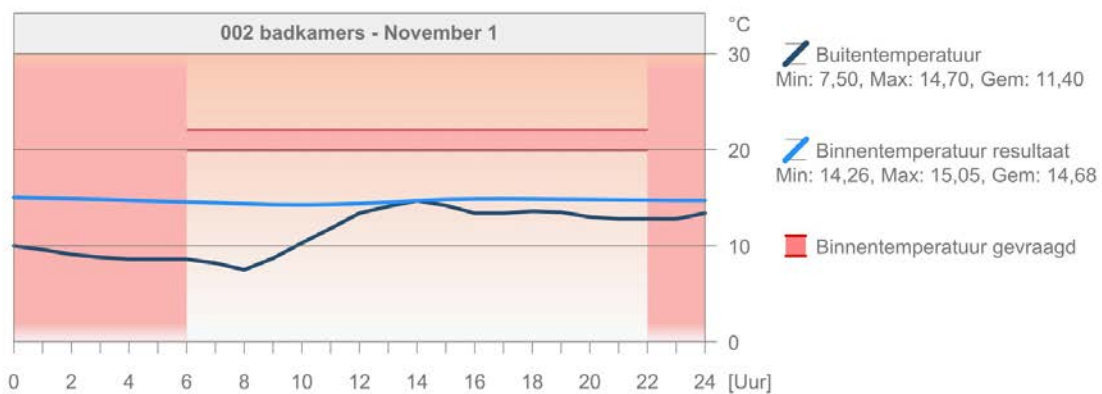
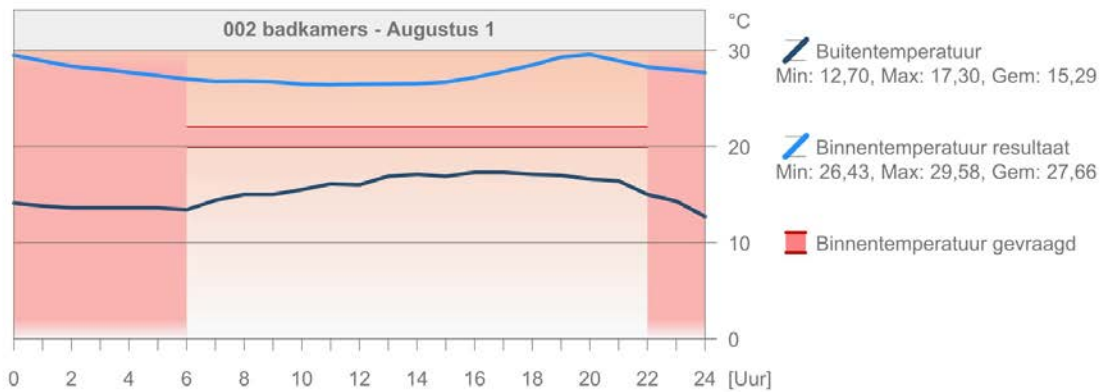
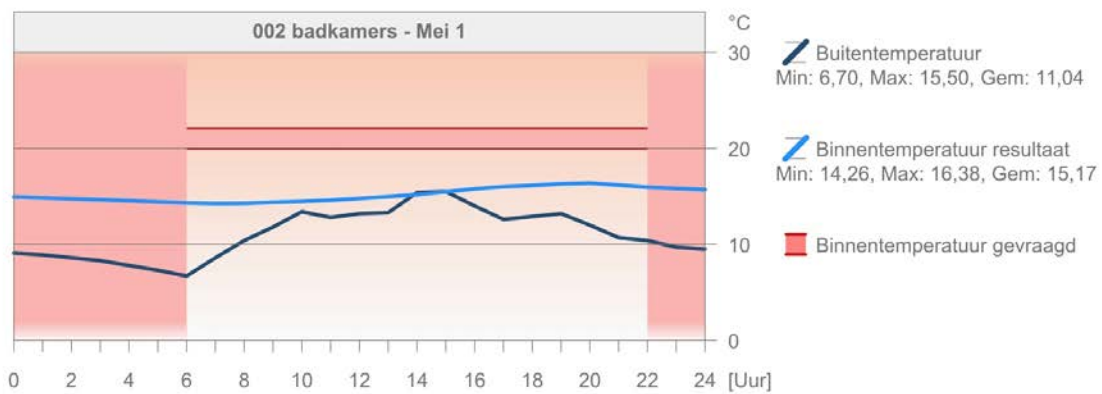
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

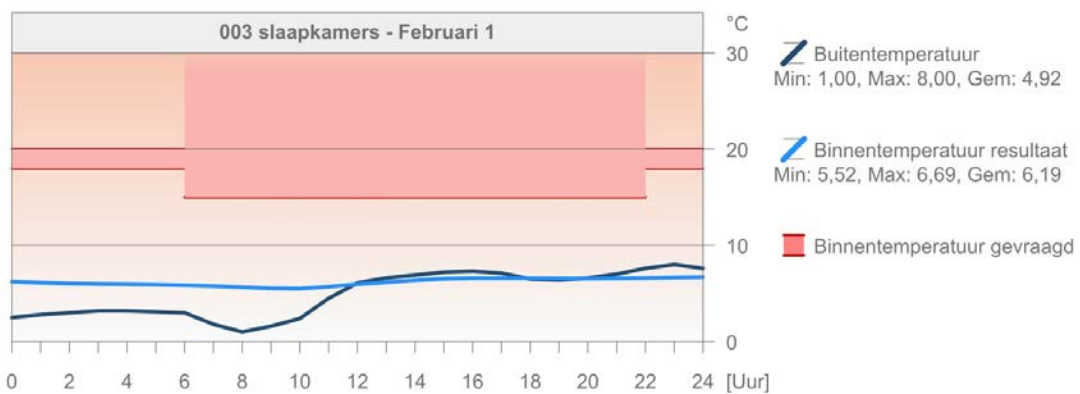
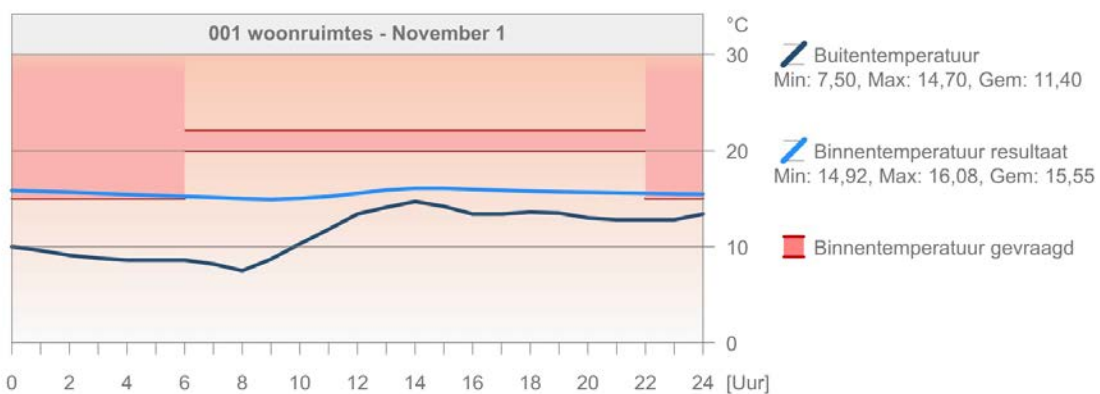
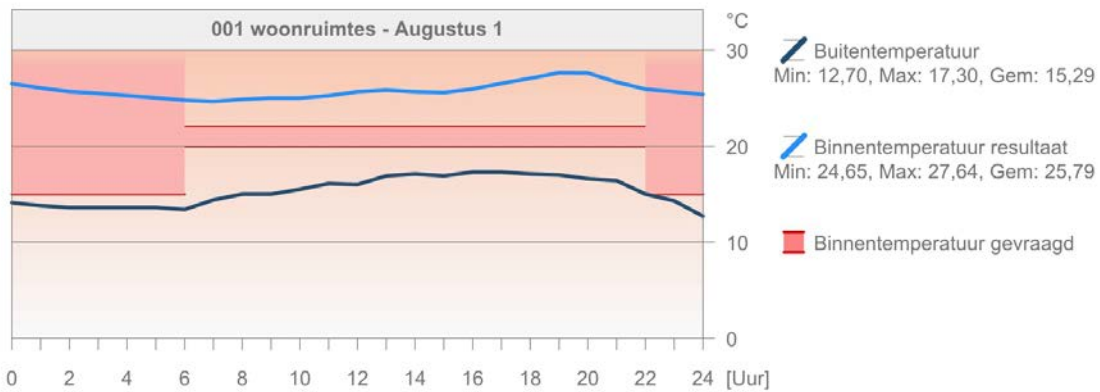
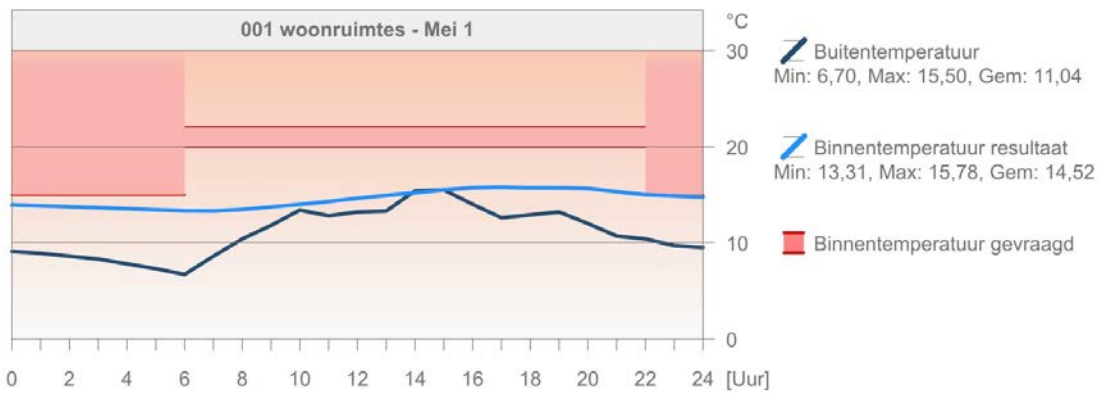
Onvervulde comforturen per jaar

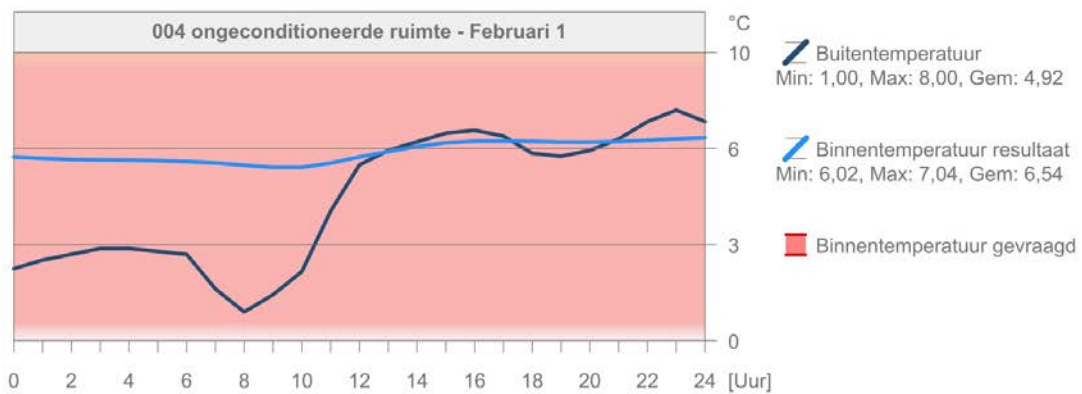
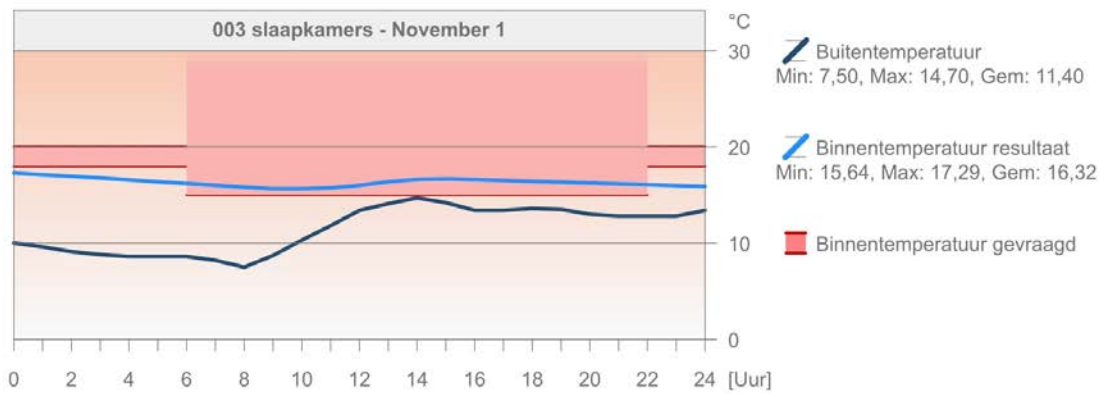
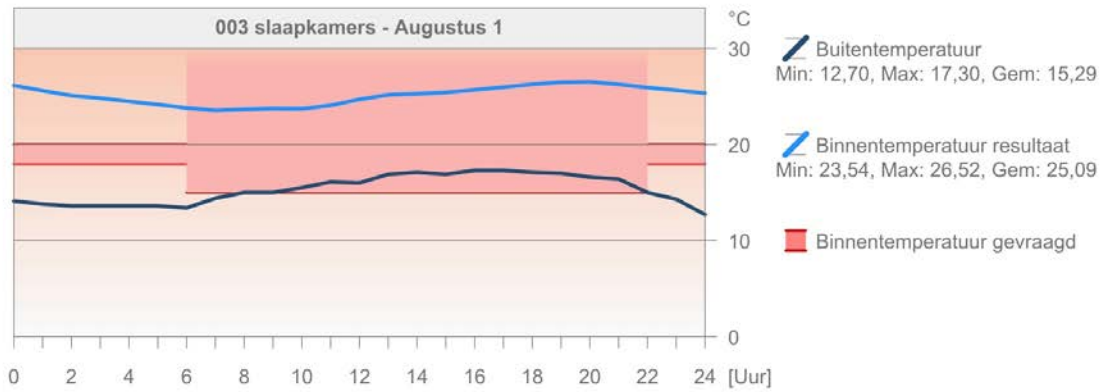
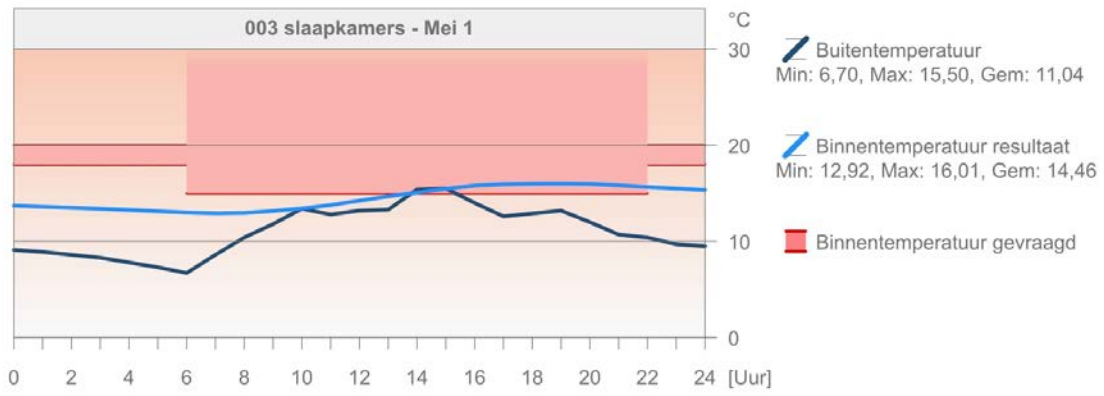
Verwarming: 5329 uur
Koeling: 2244 uur

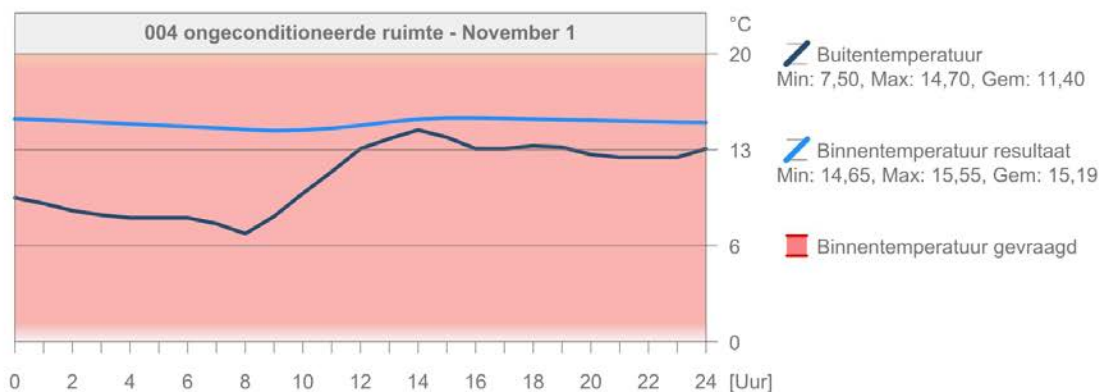
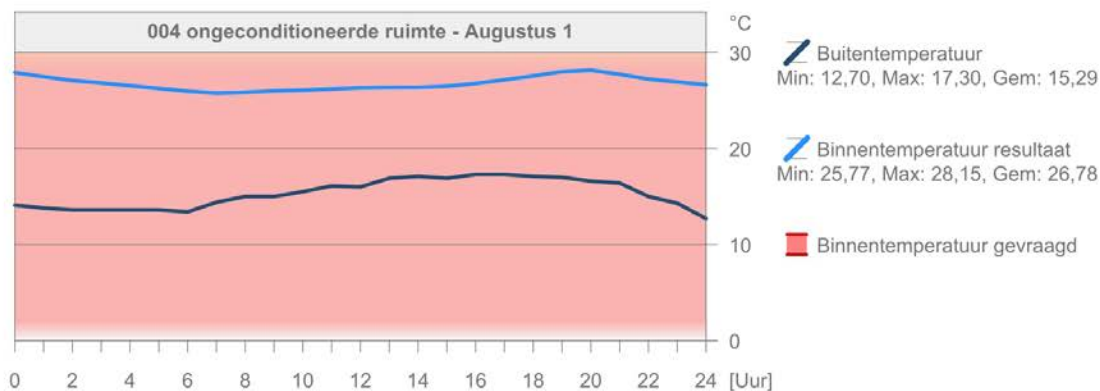
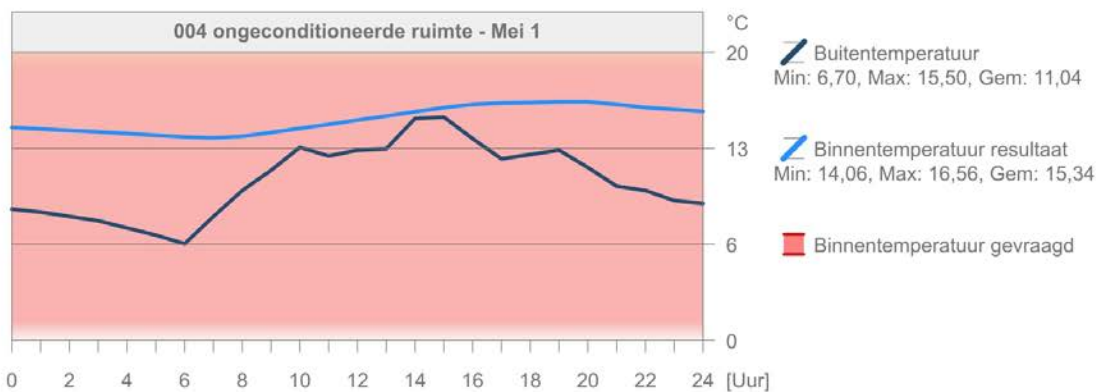
Temperatuurprofiel per dag





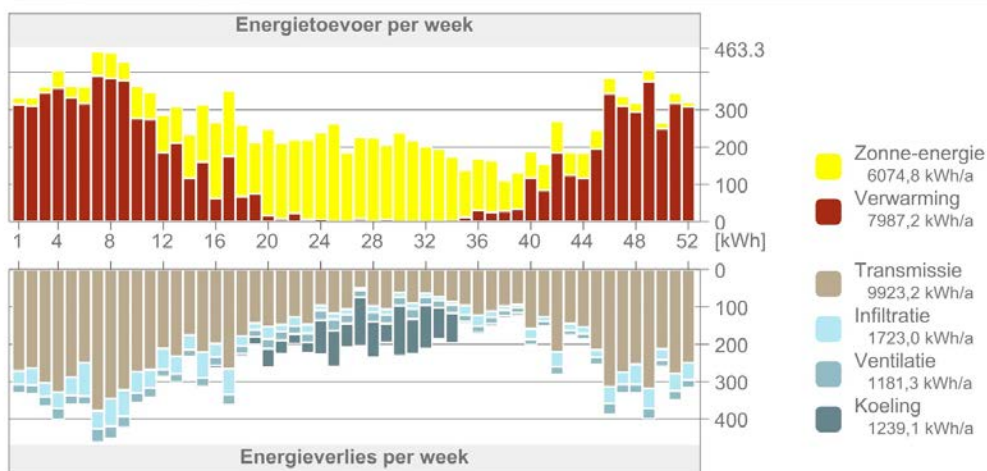






Bijlage 6: resultaten van de simulatie 3.3 voor de EHP woning waarbij de isolatie zich onder de vloerplaat bevind met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarming		Koeling		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	643	0.5 07:00 nov 15	65	0.5 20:00 juli 05	15.6 06:00 nov 15	23.7 24:00 juli 05
001 woonruimtes	5635	3.9 07:00 nov 15	844	4.1 19:00 juli 05	14.6 06:00 feb 17	23.5 24:00 juli 05
003 slaapkamers	1708	1.8 23:00 feb 20	328	2.7 23:00 juli 05	14.6 09:00 feb 17	27.7 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	7.4 09:00 feb 20	29.8 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	7987	4.5 07:00 nov 15	1239	4.4 19:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6570 uur
Koeling: 1584 uur

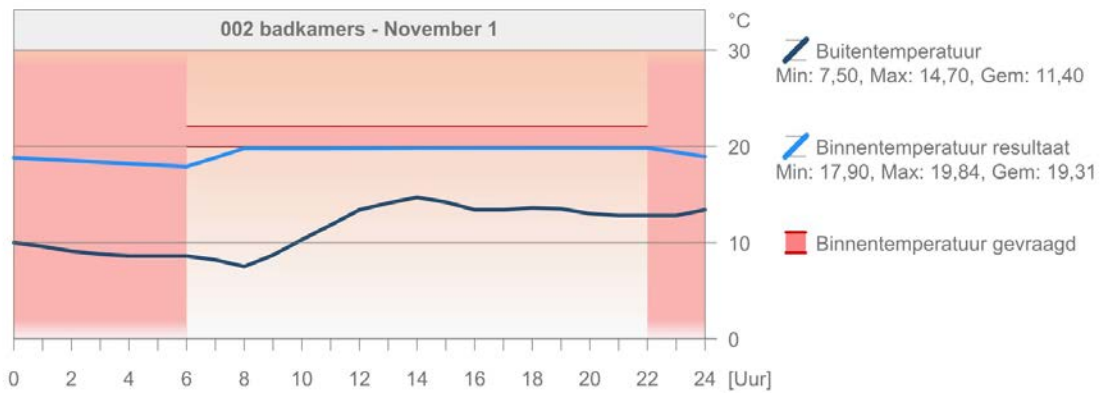
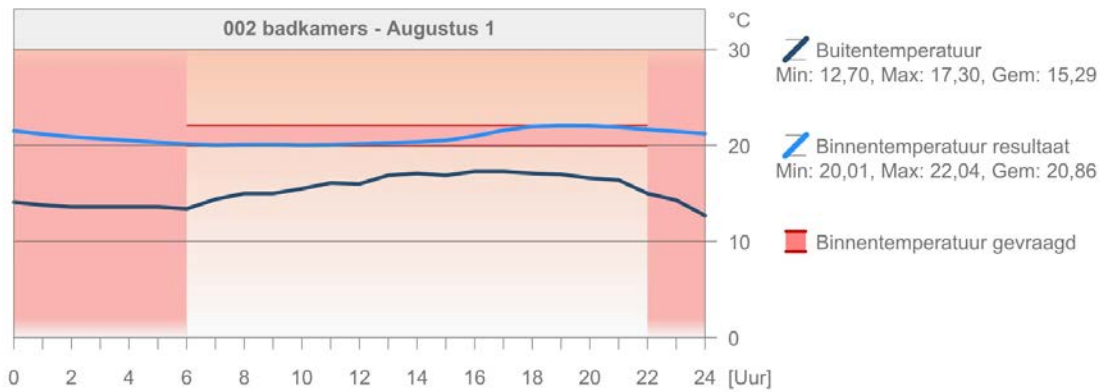
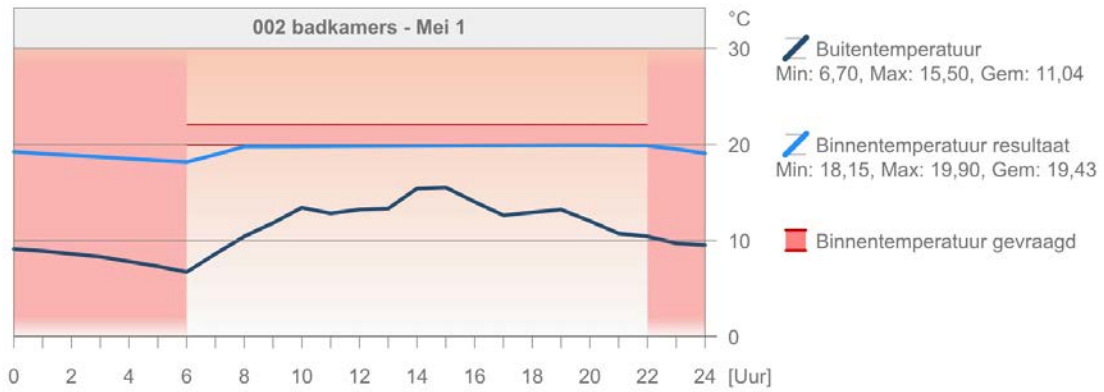
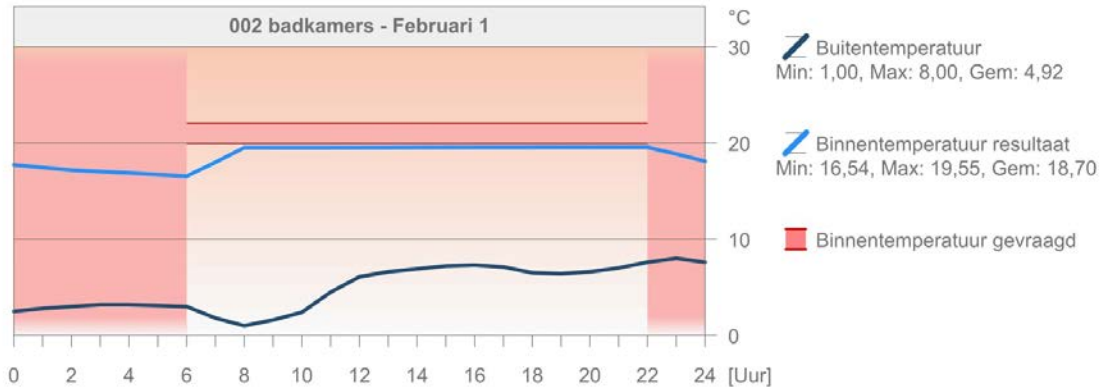
Onvervulde comforturen per jaar

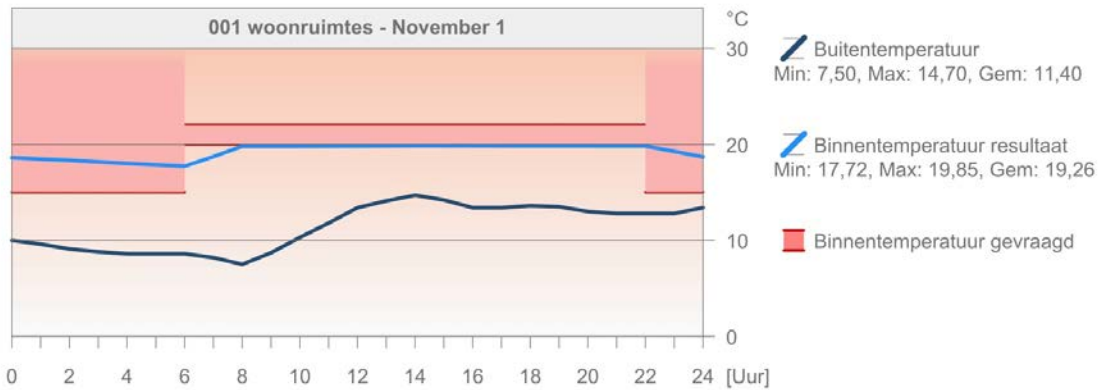
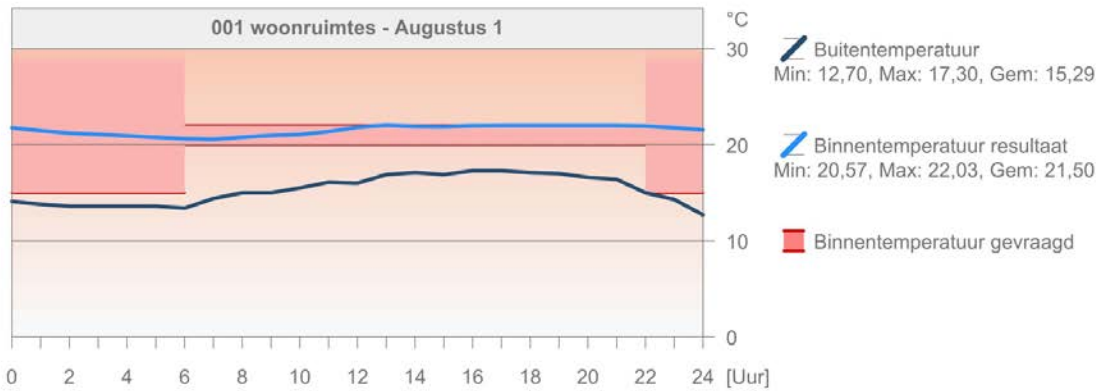
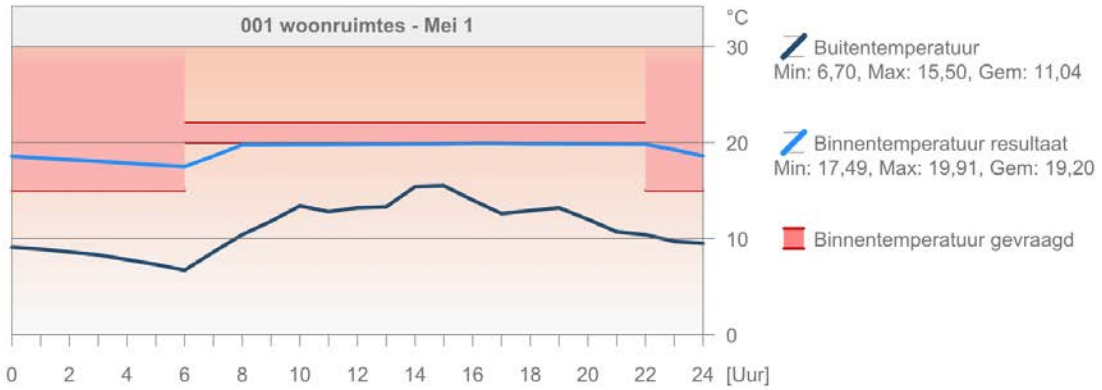
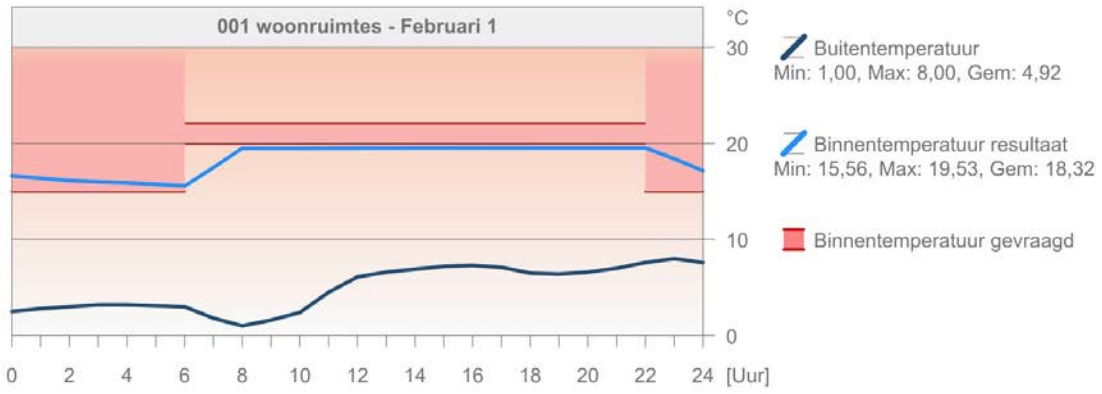
Verwarming: 358 uur
Koeling: 70 uur

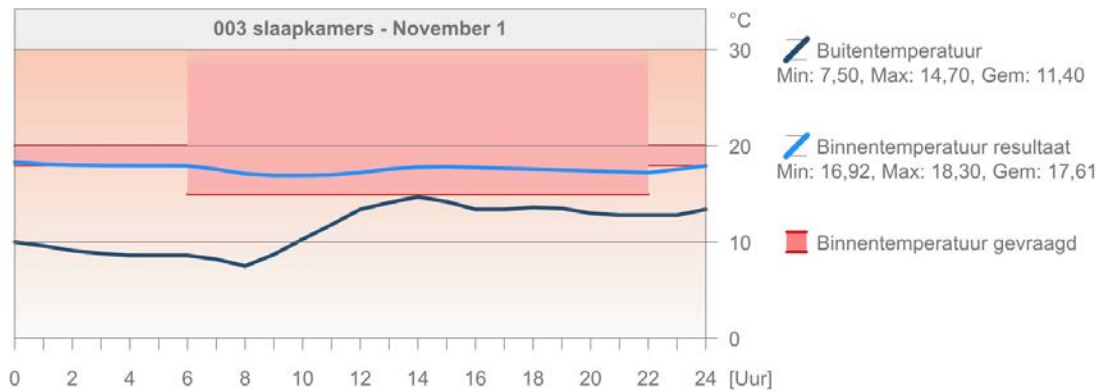
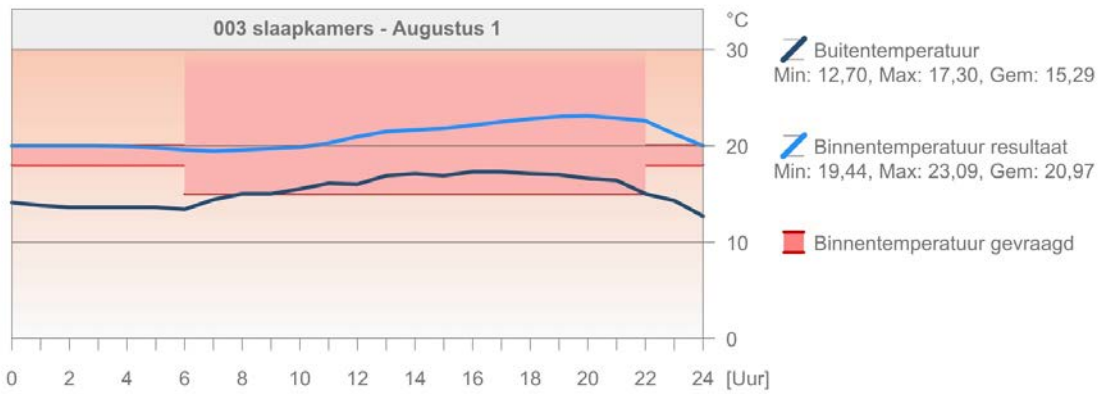
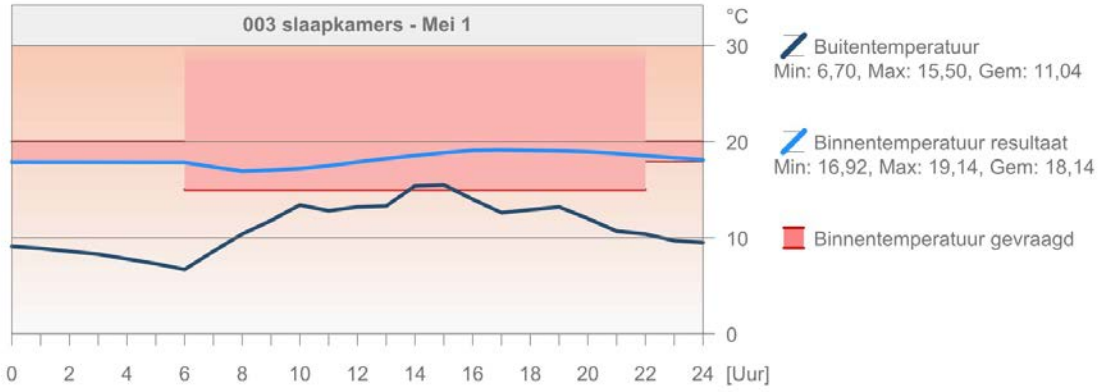
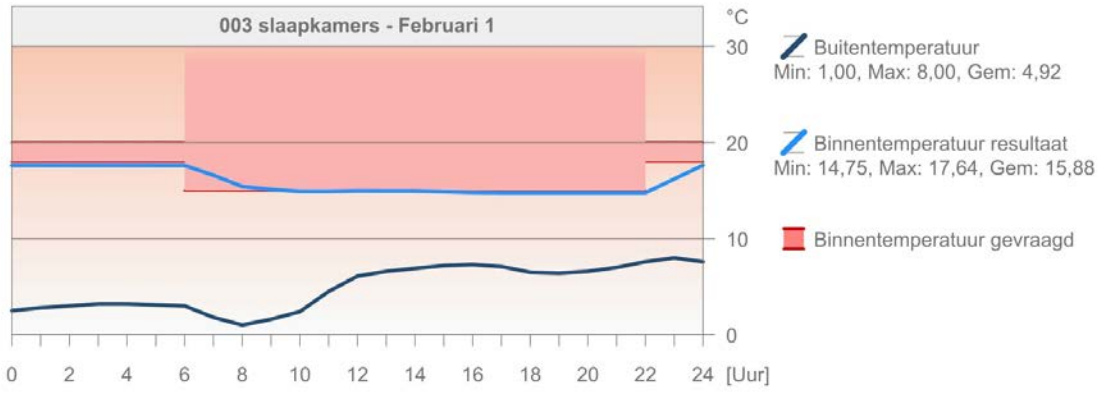
Energieverbruik per voorziening

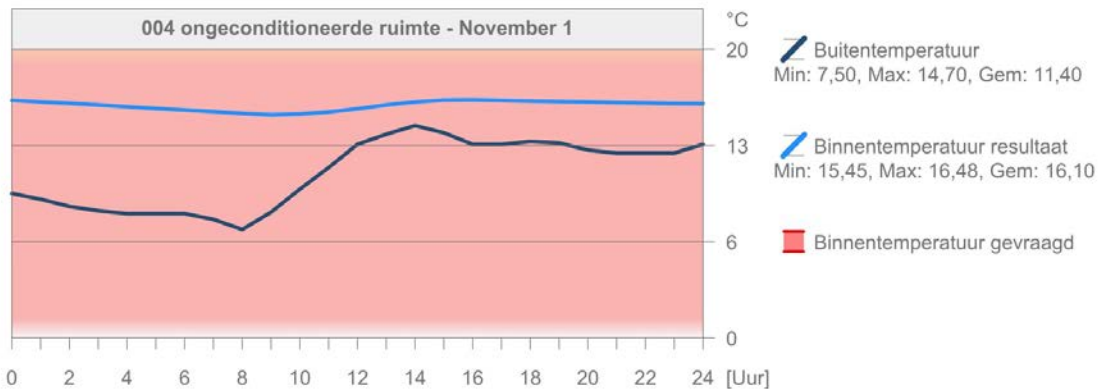
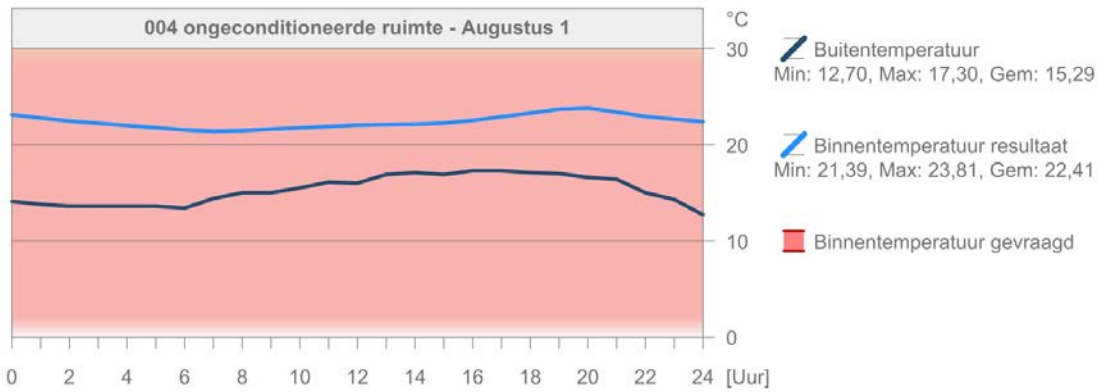
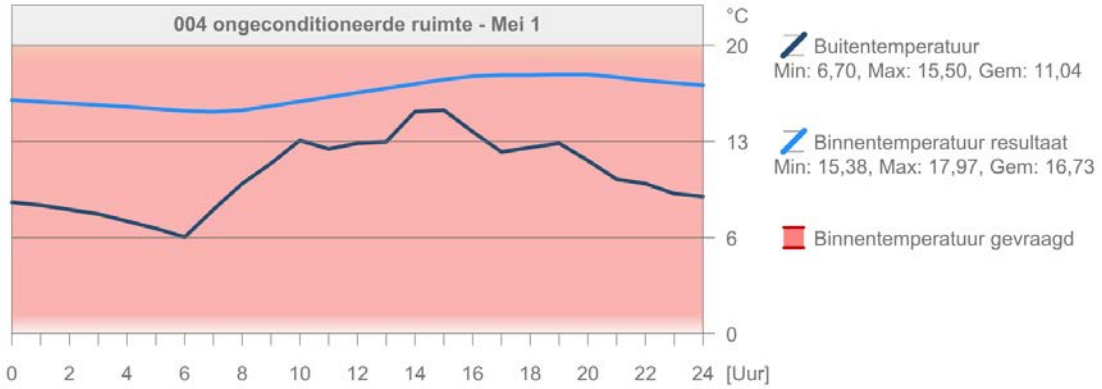
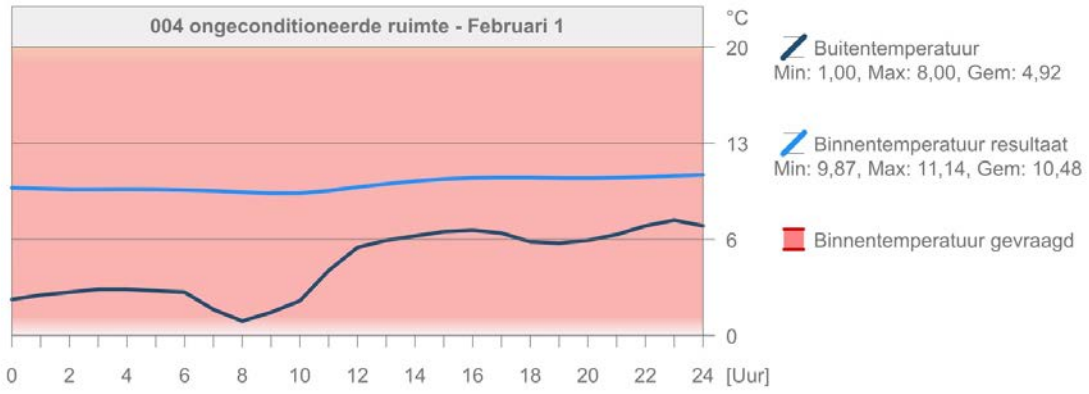
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	7987	9061	495	1725
Koeling	1239	2550	55	70
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	9381	12079	577	1829

Temperatuurprofiel per dag



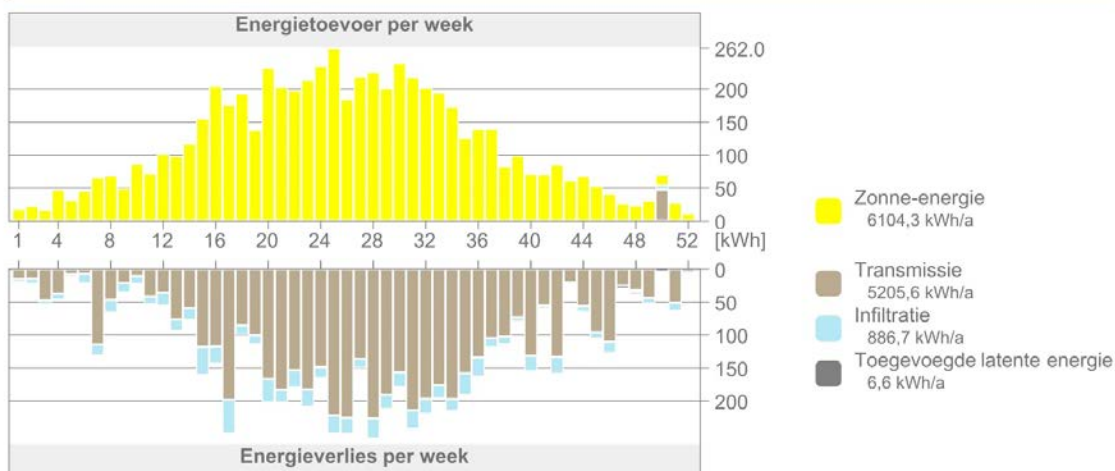






Bijlage 7: resultaten van de simulatie 3.4 voor de EHP woning met massieve betonnen binnenmuren zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingsvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	5.3	29.5
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	3.8	30.4
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	4.4	28.8
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	5.3	28.4
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

Aantal gebruiksuren per jaar:

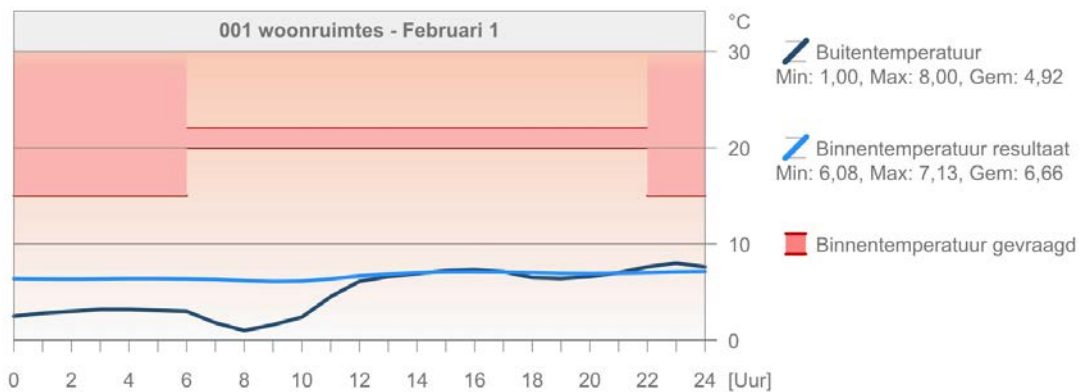
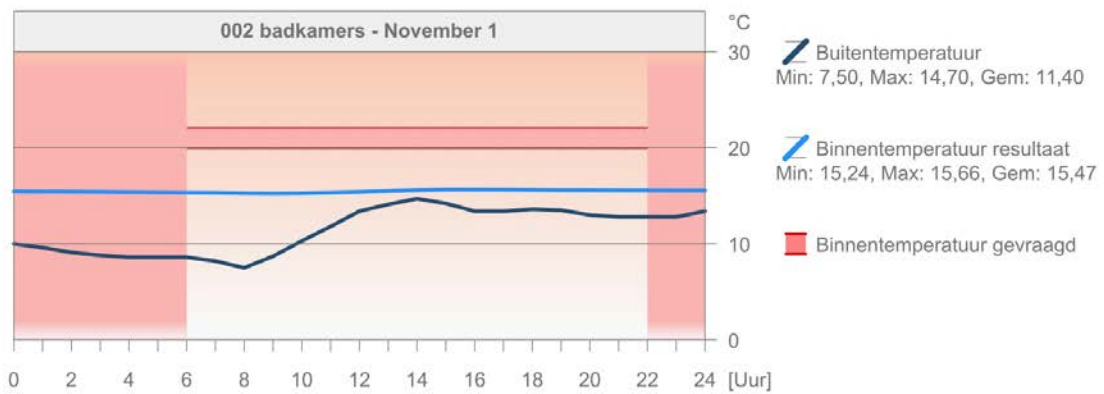
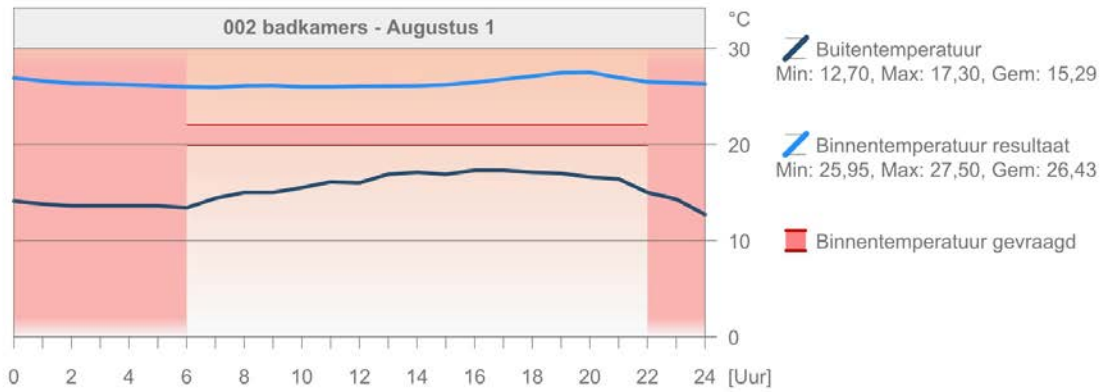
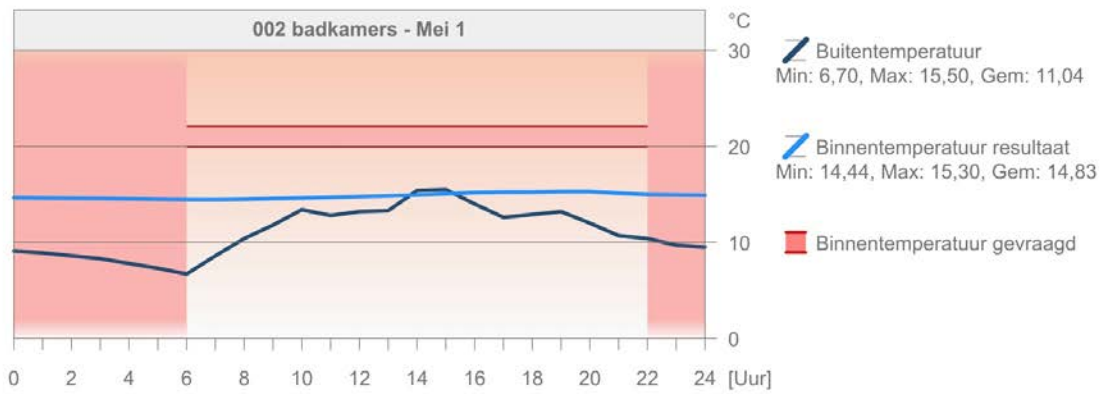
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

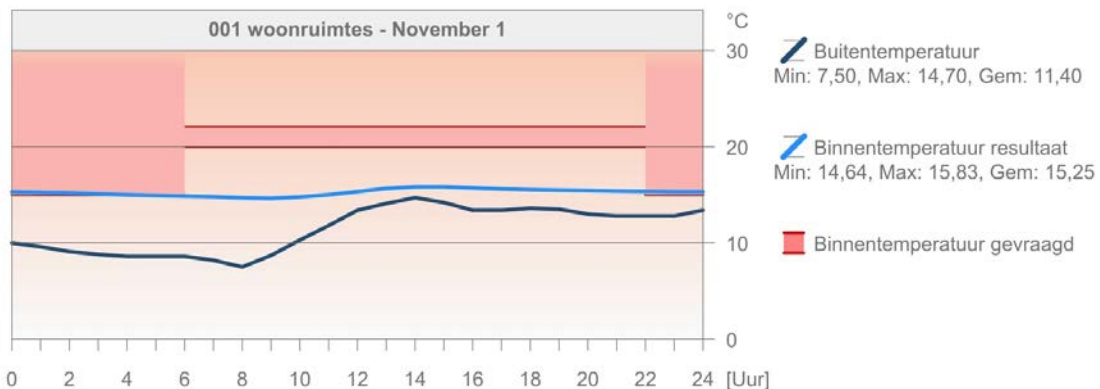
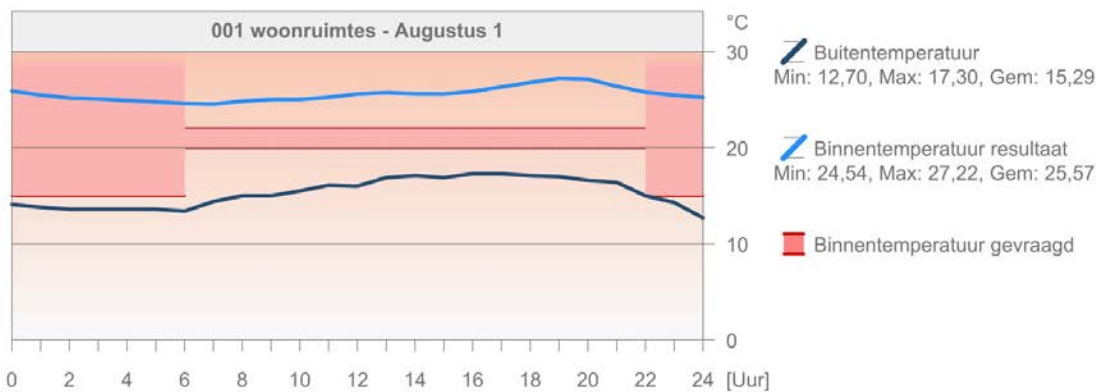
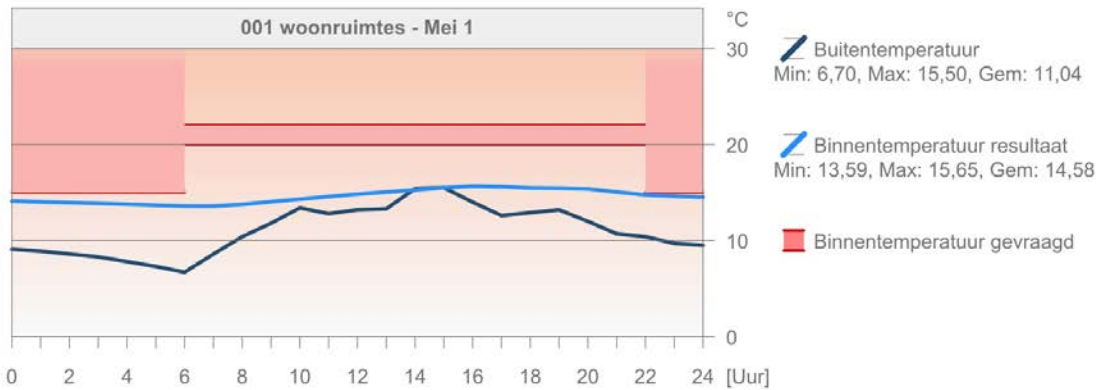
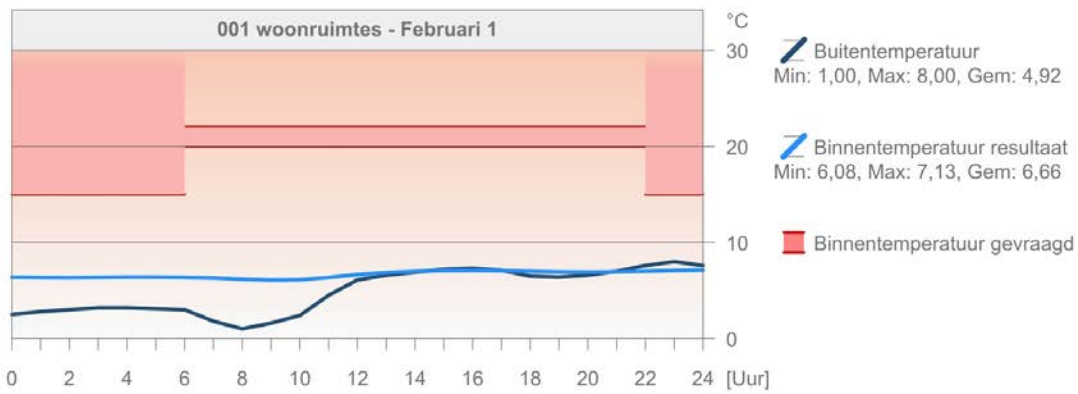
Onvervulde comforturen per jaar

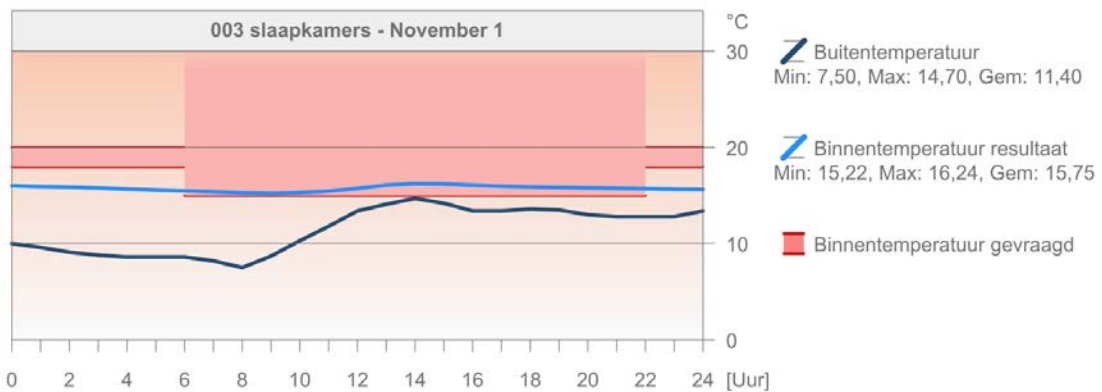
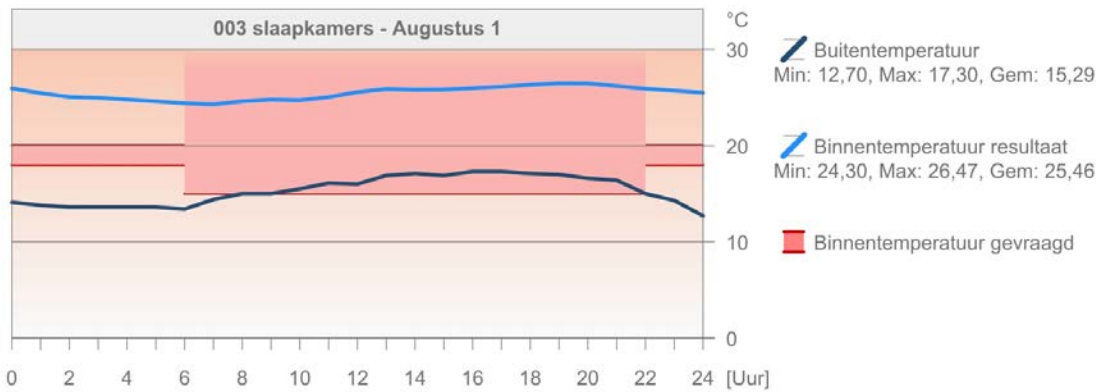
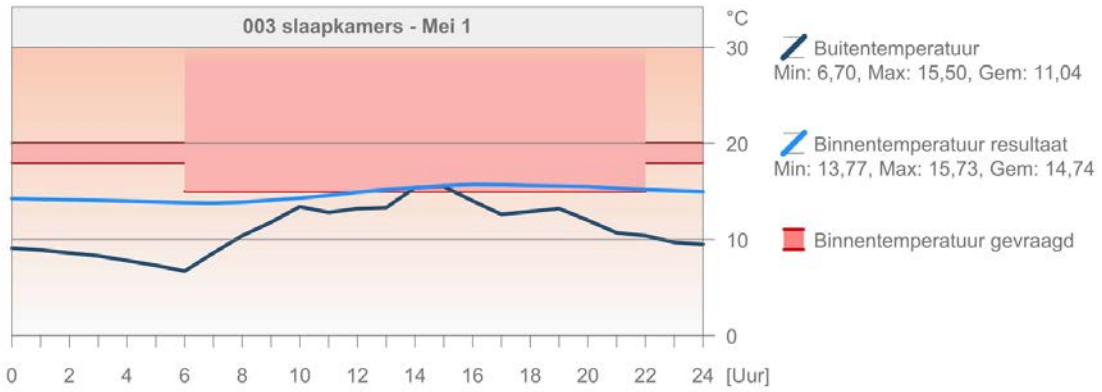
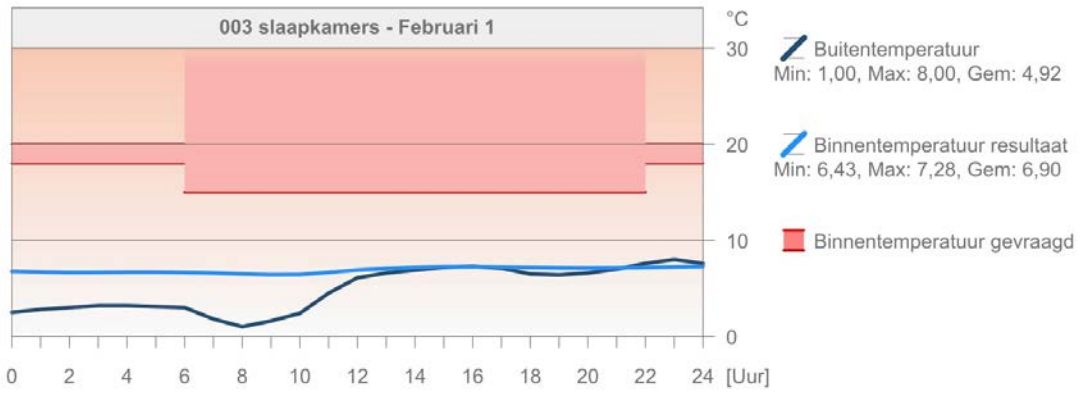
Verwarming: 5367 uur
Koeling: 2037 uur

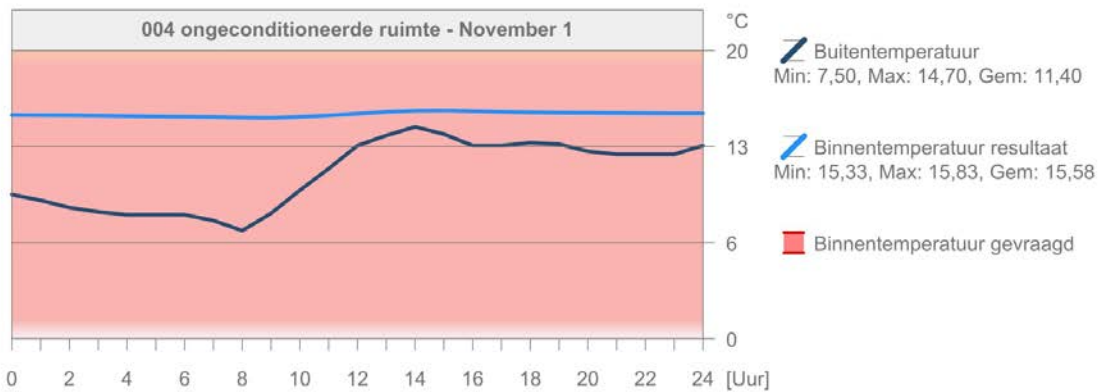
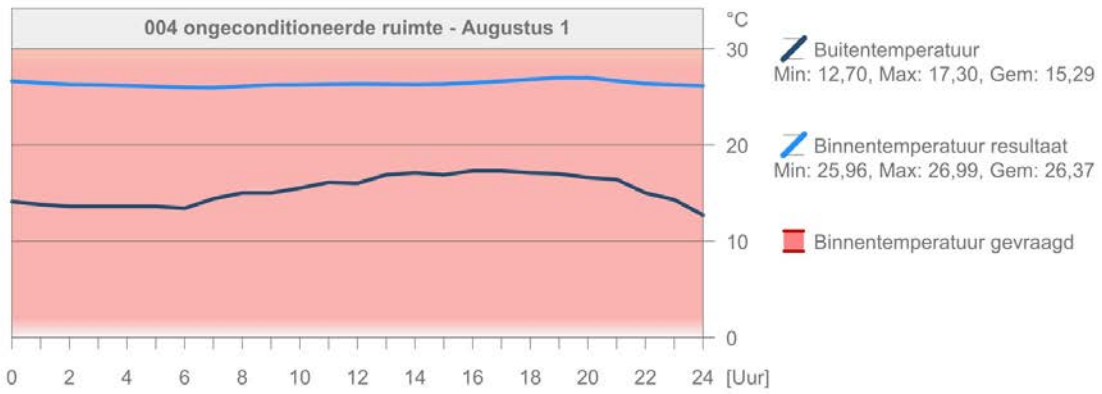
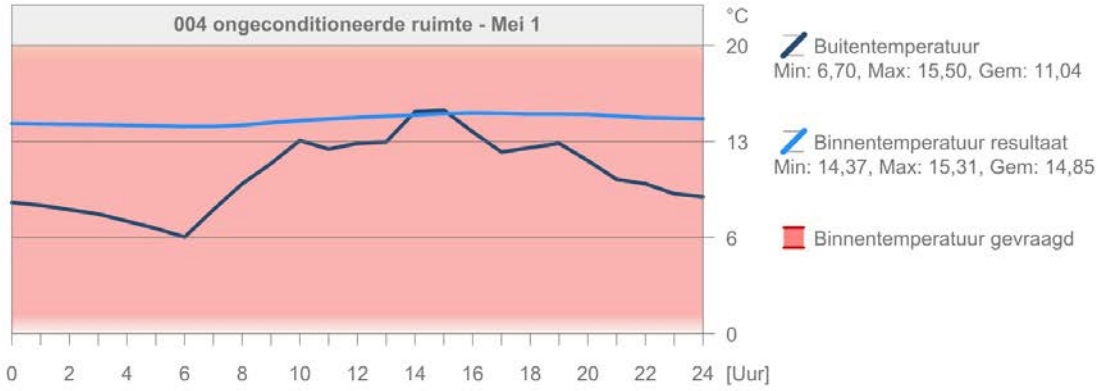
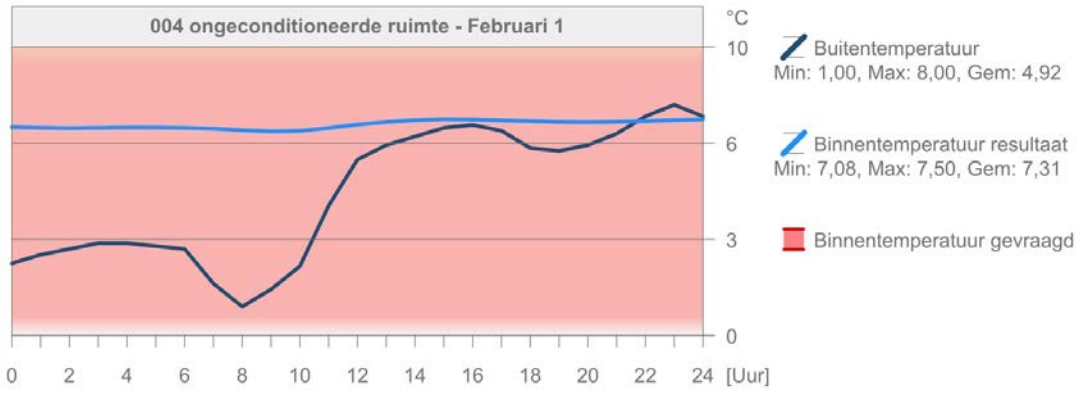
Temperatuurprofiel per dag





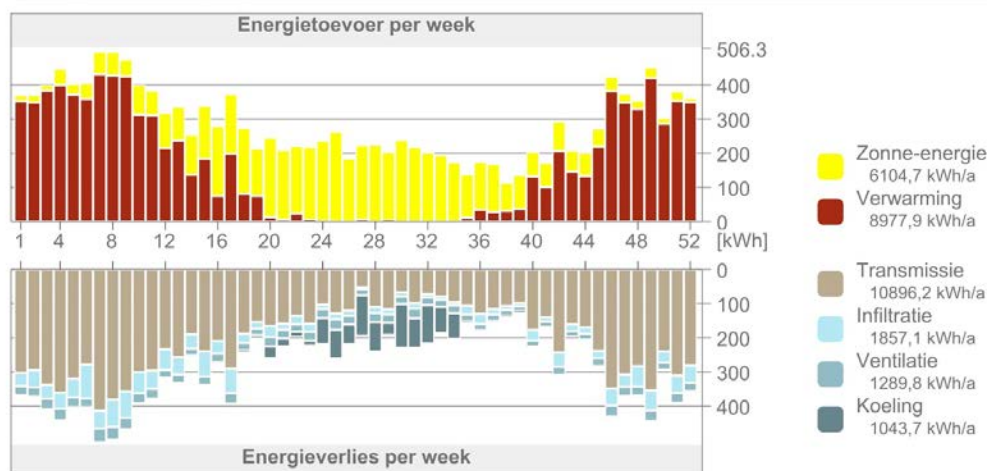






Bijlage 8: resultaten van de simulatie 3.4 voor de EHP woning met massieve betonnen binnenmuren met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarming		Koeling		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	630	0.4 07:00 nov 15	56	0.4 18:00 juli 05	15.8 06:00 nov 15	24.2 20:00 juli 05
001 woonruimtes	5584	3.4 07:00 nov 15	702	3.1 19:00 juli 05	14.7 06:00 feb 20	23.7 24:00 juli 05
003 slaapkamers	2763	1.5 08:00 mrt 01	284	1.1 19:00 juli 05	17.6 06:00 feb 17	23.7 24:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	12.0 09:00 feb 20	27.5 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	8977	5.2 07:00 nov 15	1043	4.4 19:00 juli 29		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6308 uur
Koeling: 1054 uur

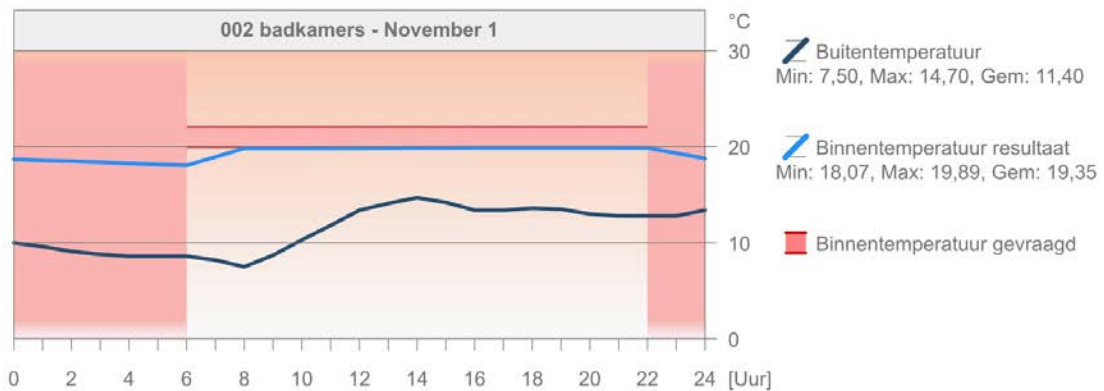
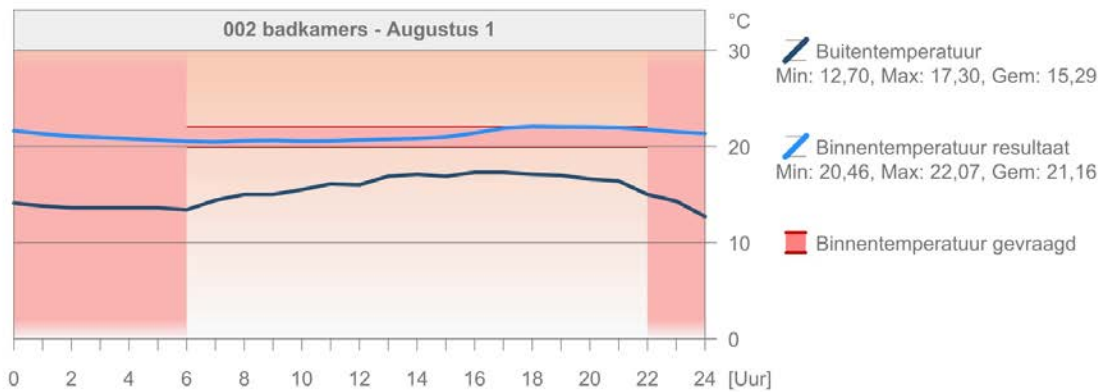
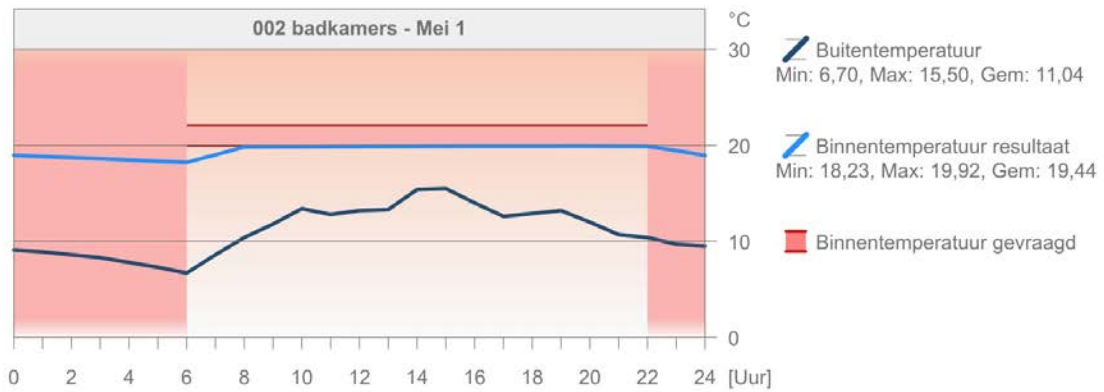
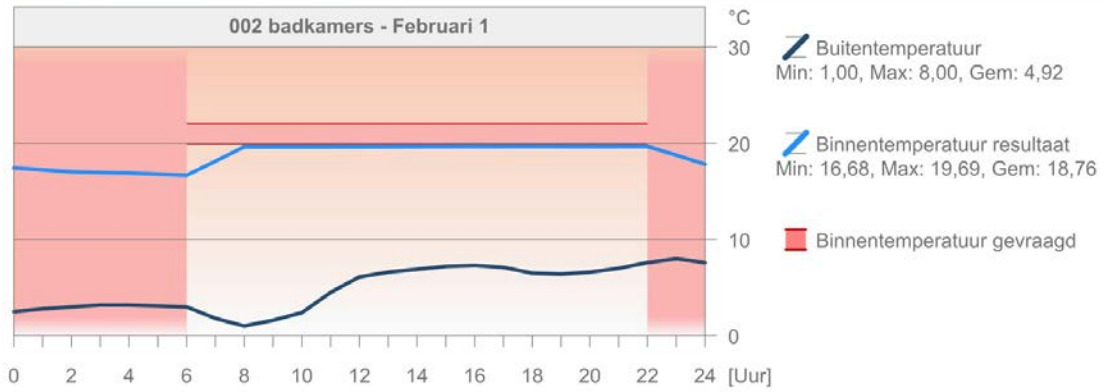
Onvervulde comforturen per jaar

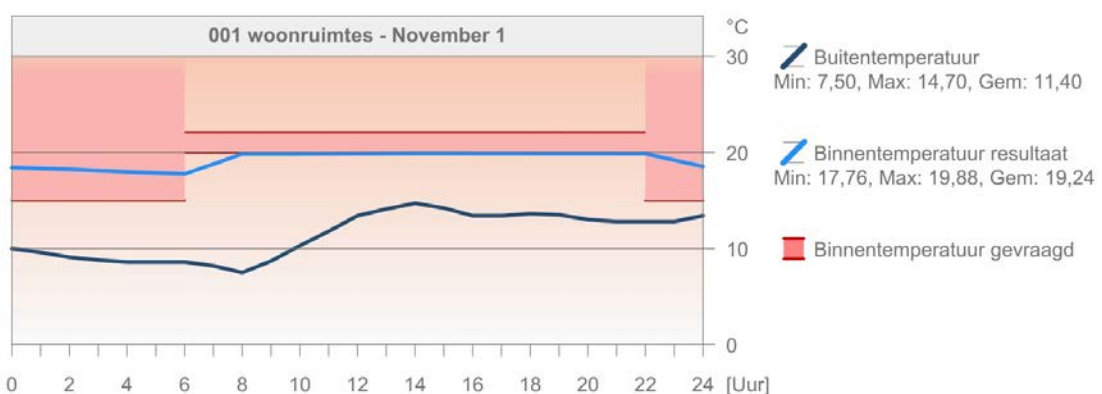
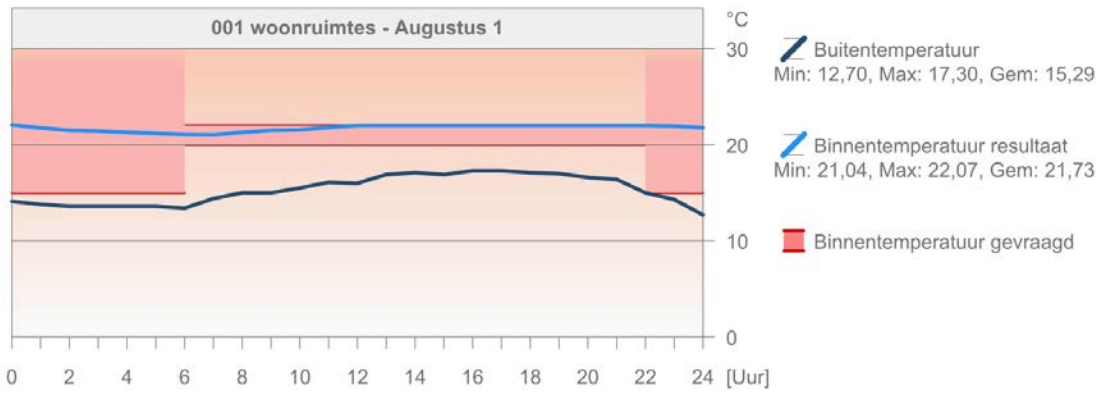
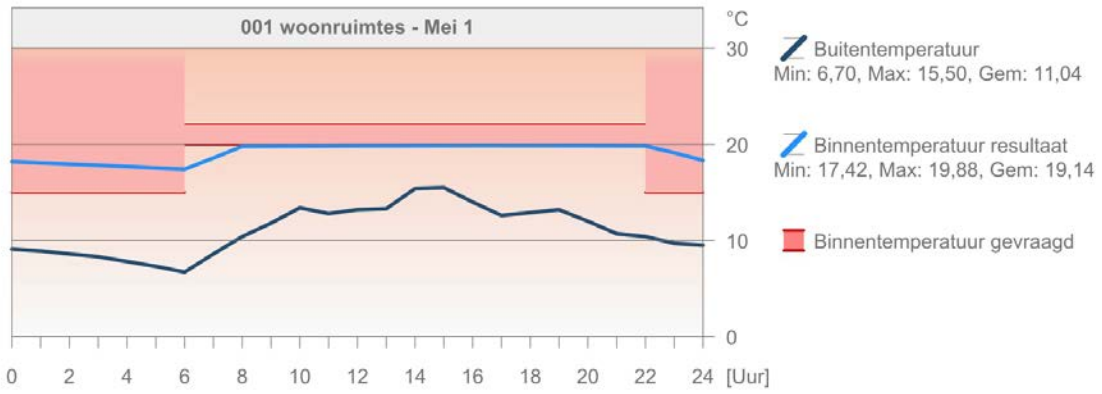
Verwarming: 210 uur
Koeling: 2 uur

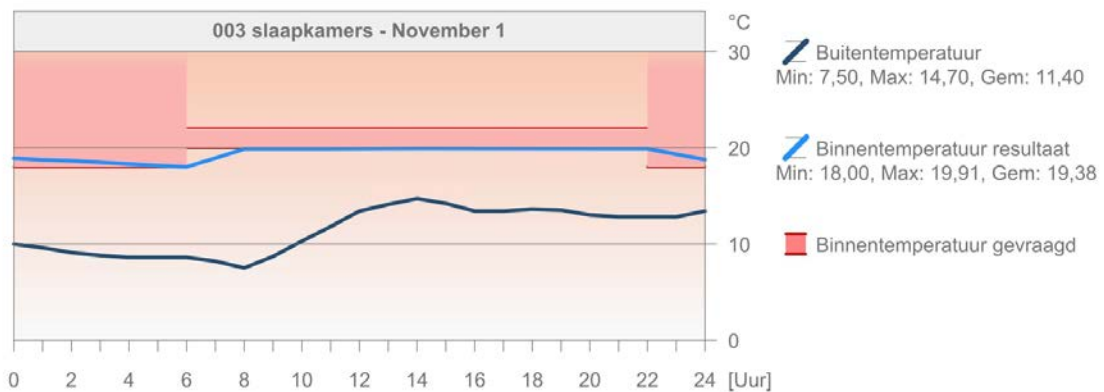
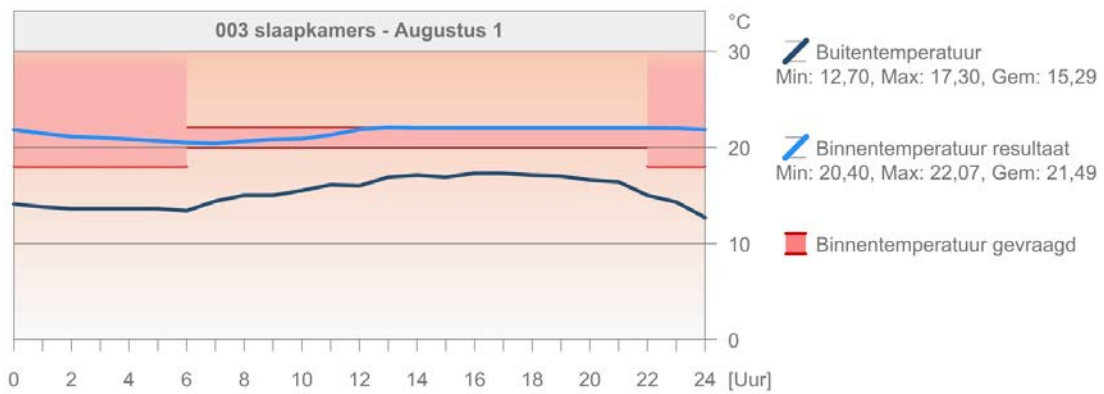
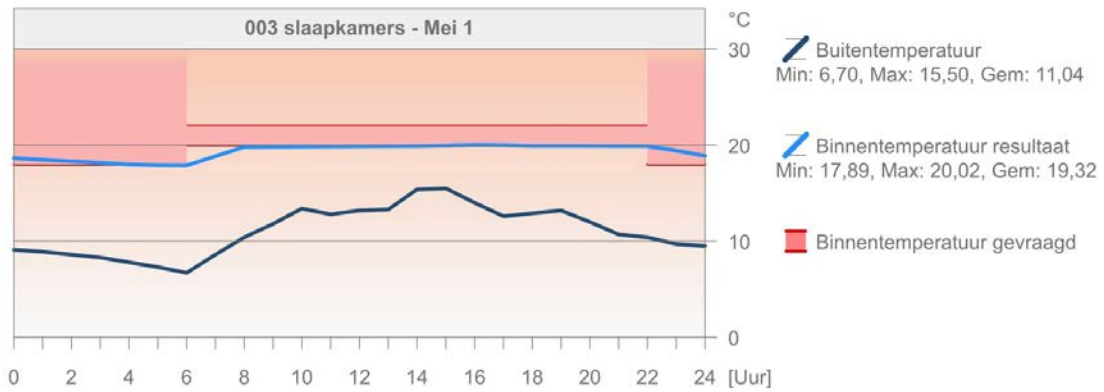
Energieverbruik per voorziening

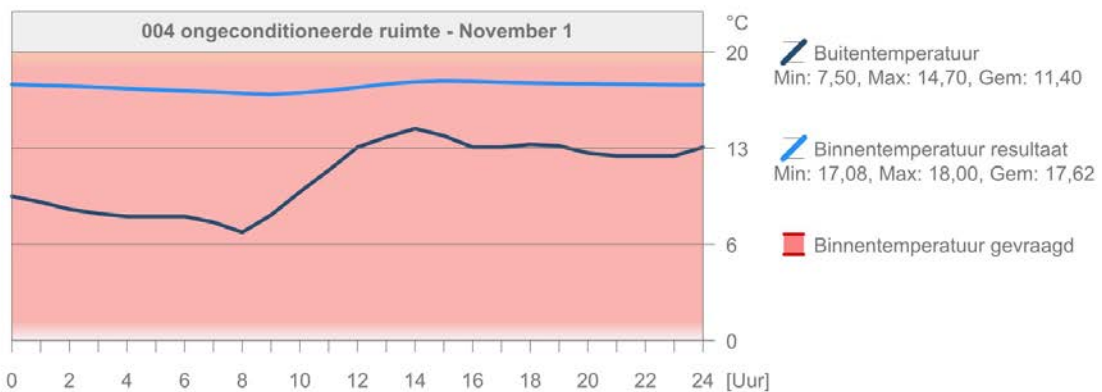
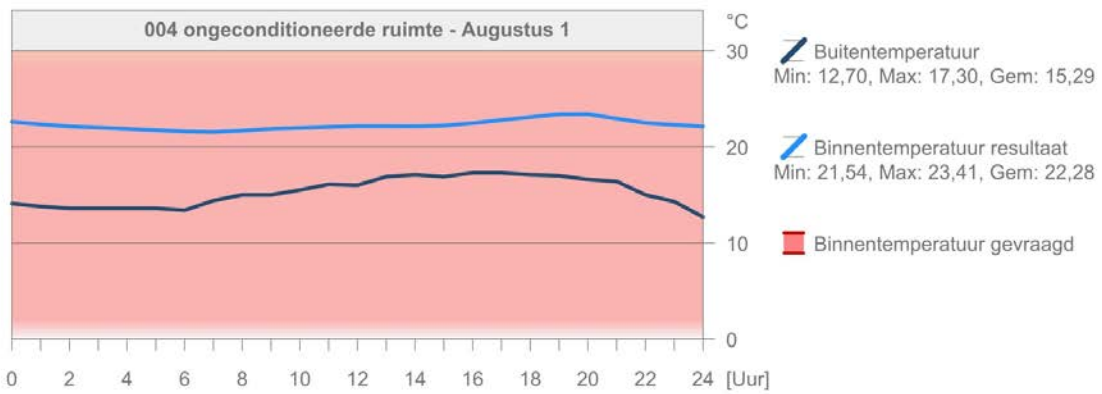
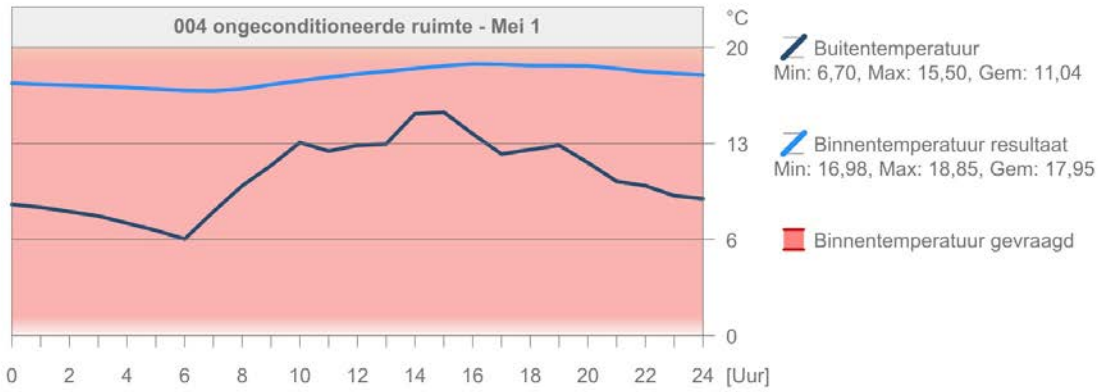
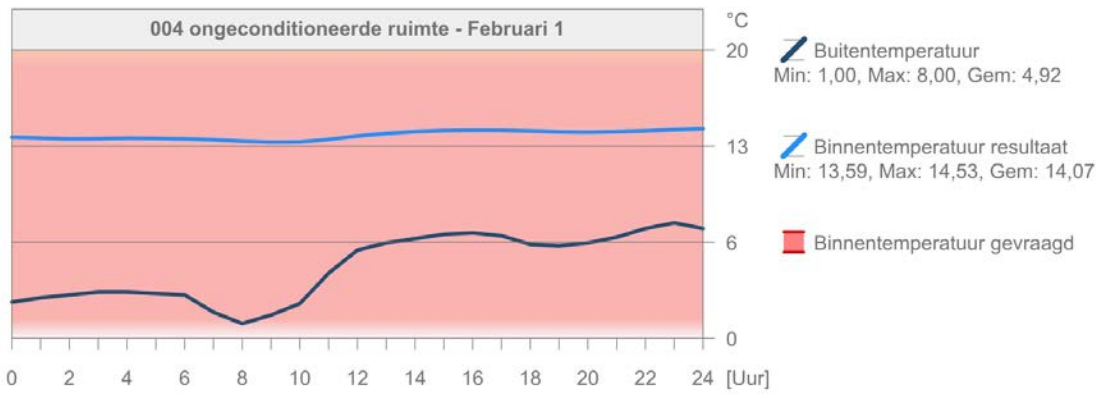
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	8977	10192	557	1939
Koeling	1043	2315	54	68
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	10177	12974	637	2041

Temperatuurprofiel per dag



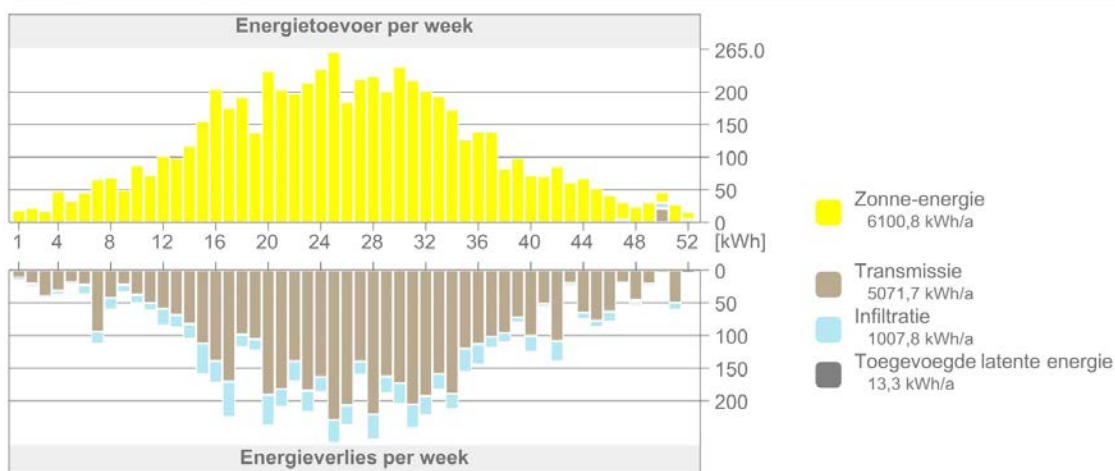






Bijlage 9: resultaten van de simulatie 3.5 voor de EHP woning met een massieve dekvloer op de eerste verdieping zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	1.4 10:00 feb 20	33.4 20:00 juli 11
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	2.4 09:00 feb 20	32.9 20:00 juli 05
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	1.7 09:00 feb 17	29.0 19:00 juli 29
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	1.9 09:00 feb 20	31.1 20:00 juli 11
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

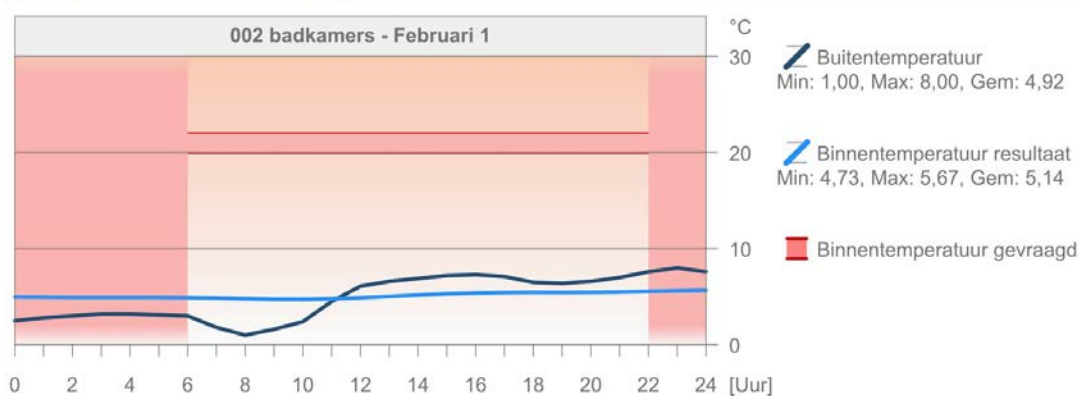
Aantal gebruiksuren per jaar:

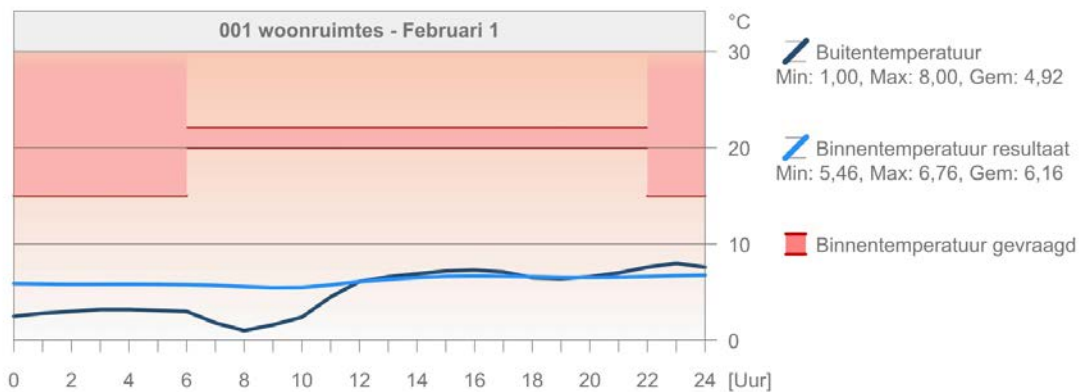
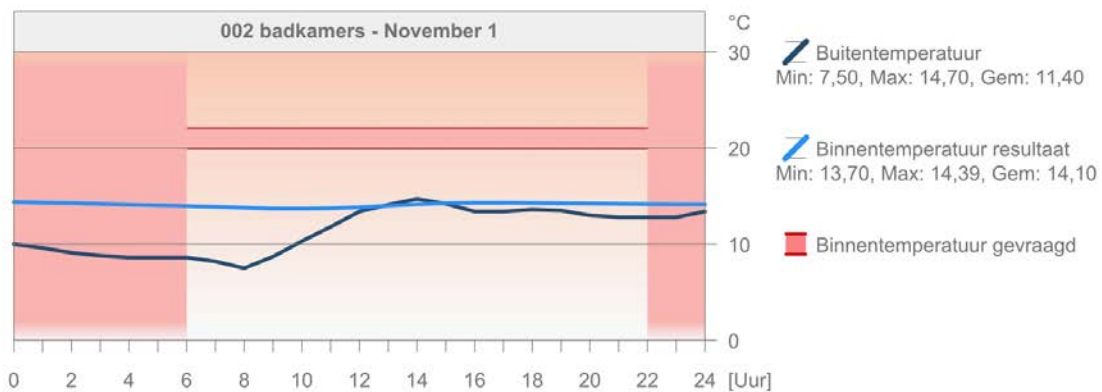
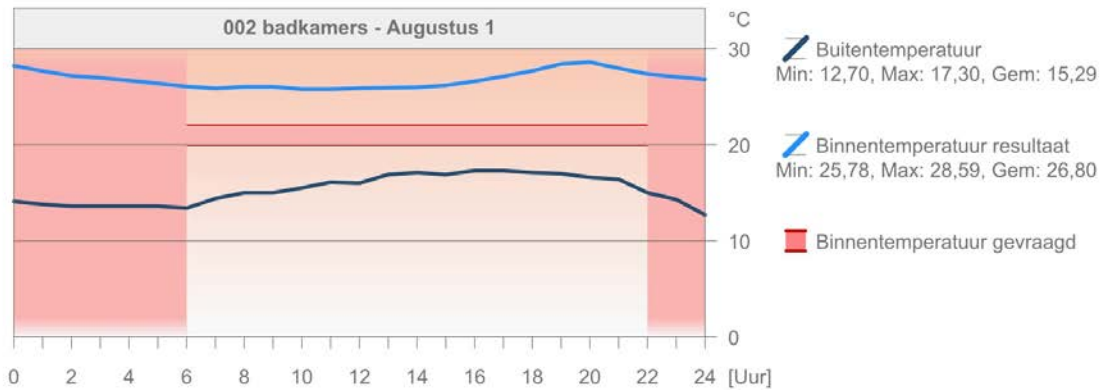
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

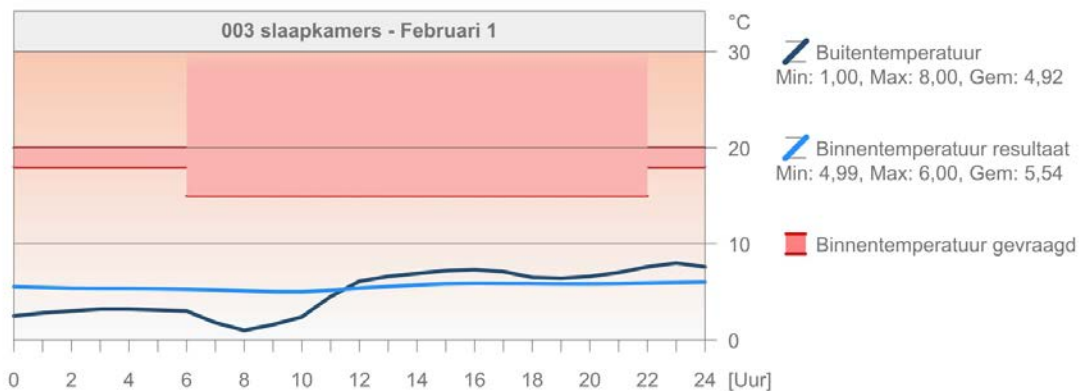
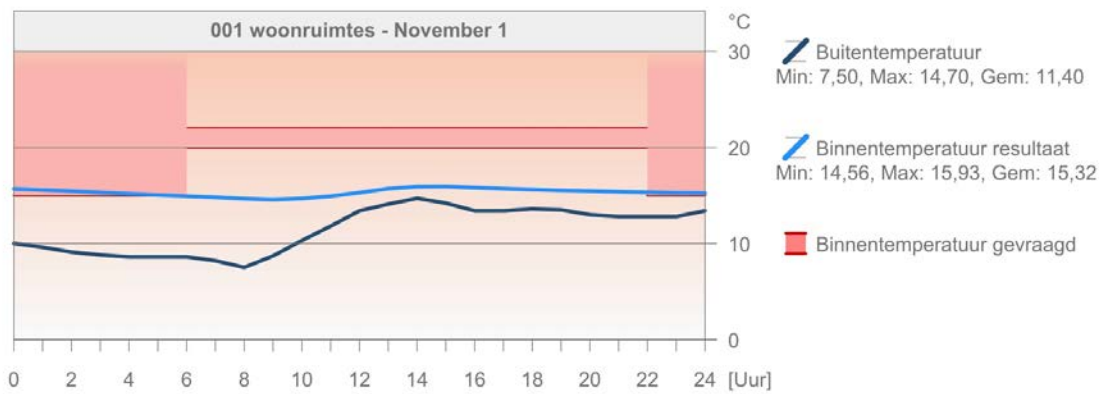
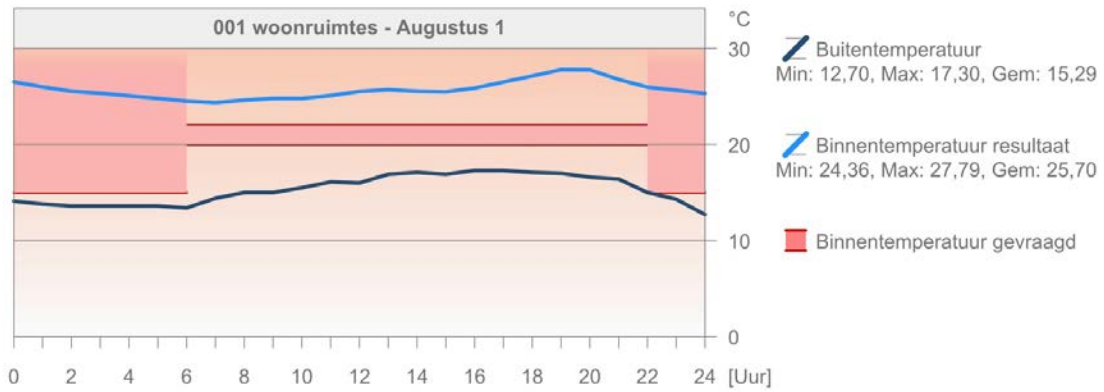
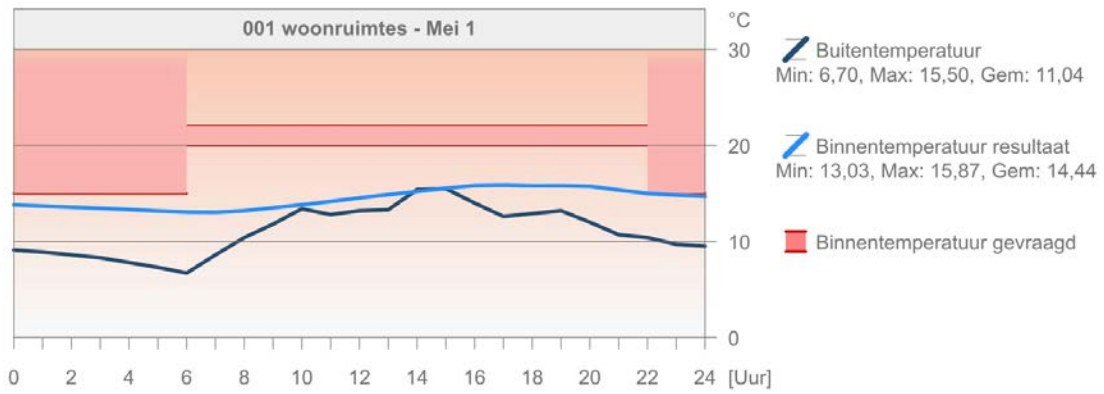
Onvervulde comforturen per jaar

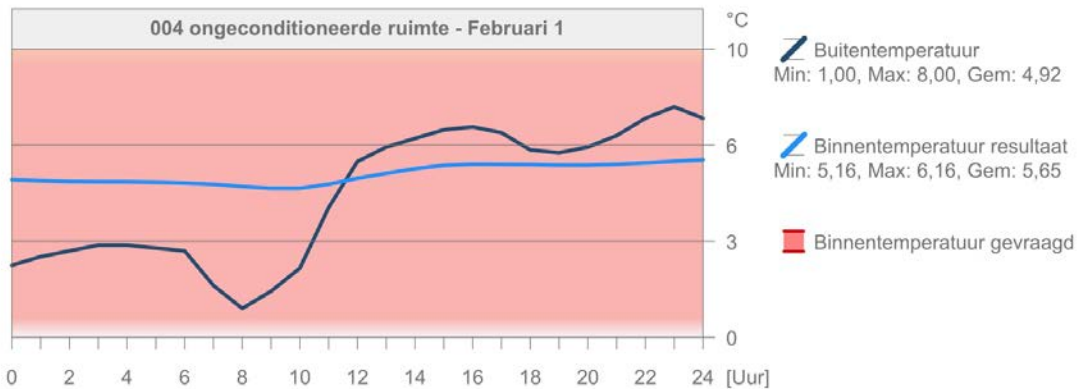
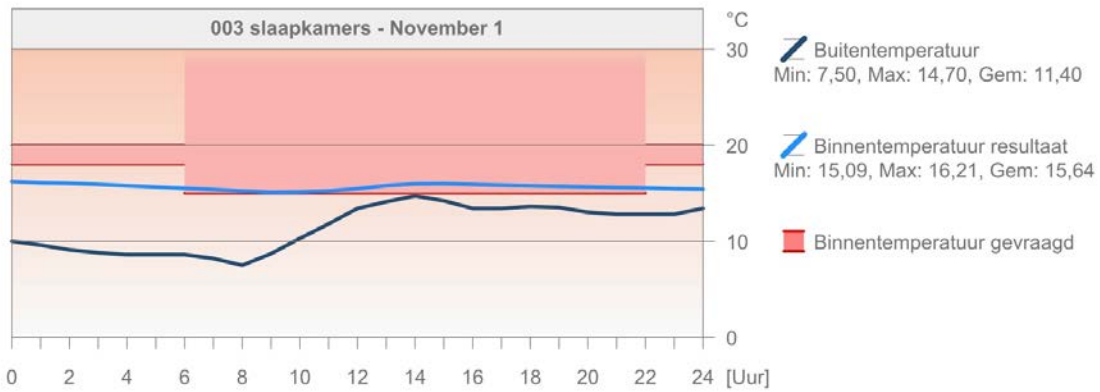
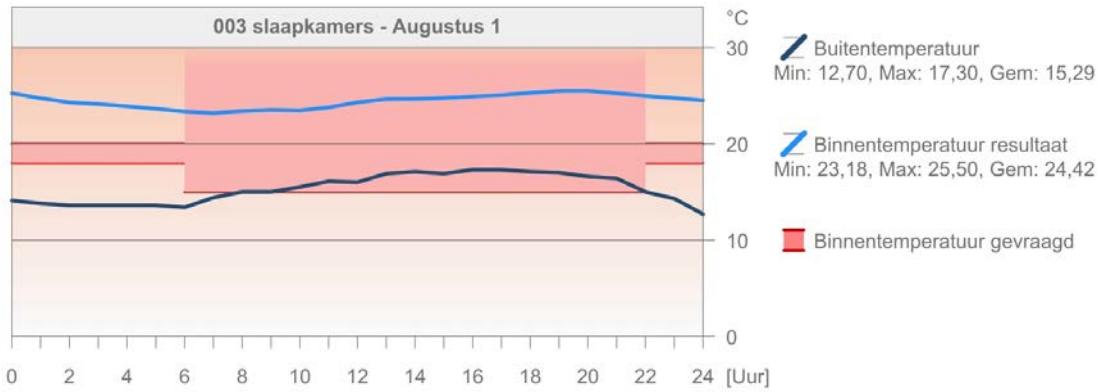
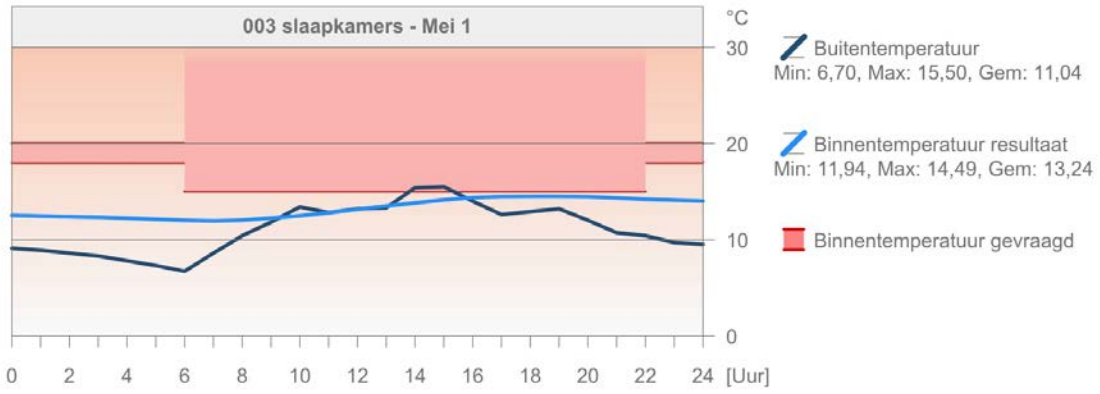
Verwarming: 5511 uur
Koeling: 2013 uur

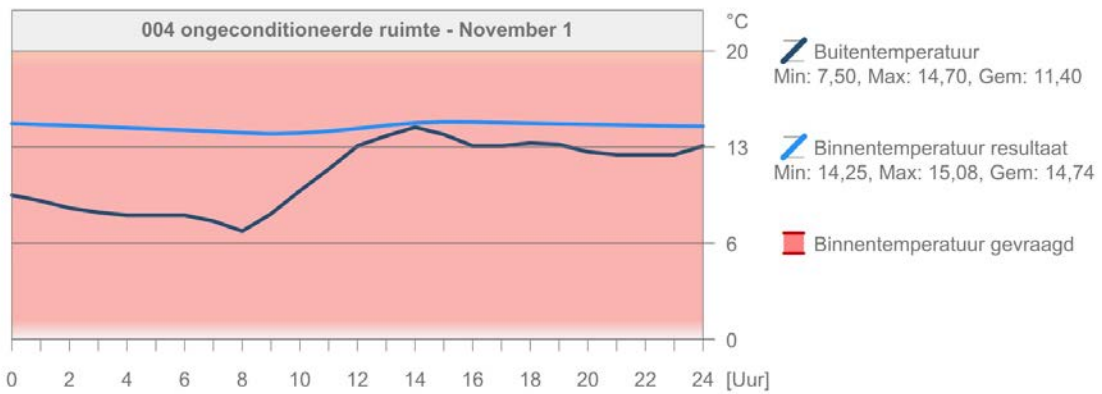
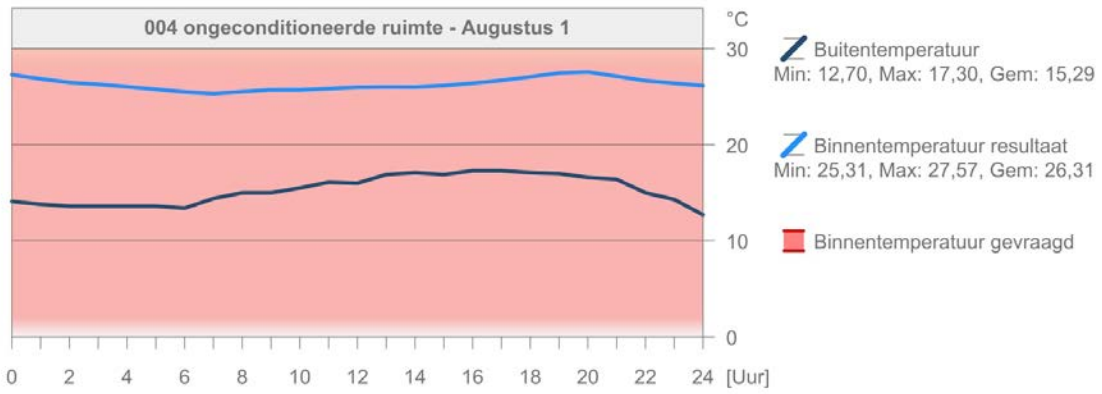
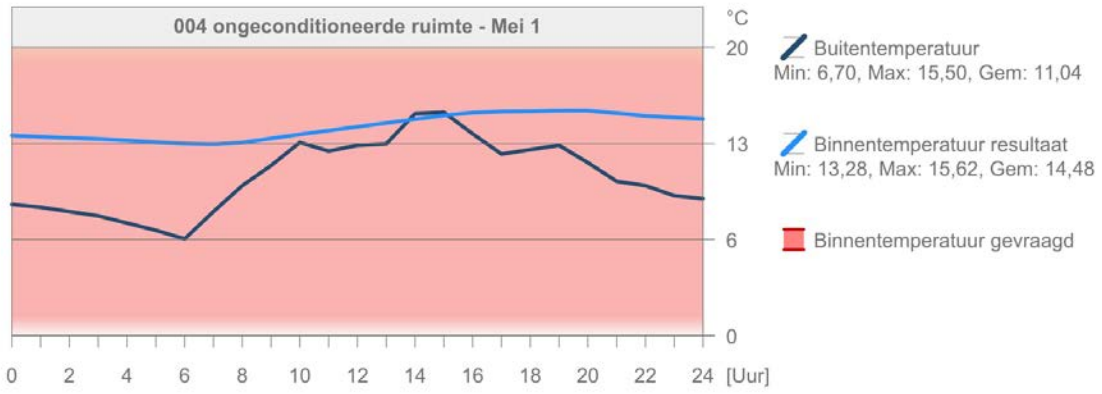
Temperatuurprofiel per dag





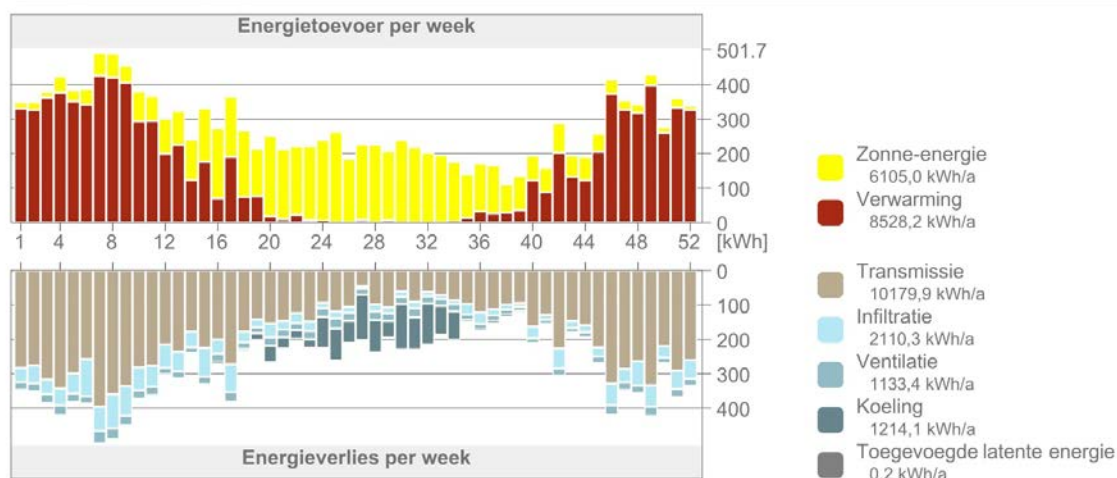






Bijlage 10: resultaten van de simulatie 3.5 voor de EHP woning met een massieve dekvloer op de eerste verdieping met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarming		Koeling		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	766	0.5 07:00 nov 14	57	0.5 19:00 juli 05	15.0 06:00 feb 20	23.5 24:00 juli 05
001 woonruimtes	5435	3.7 07:00 nov 15	854	3.9 19:00 juli 05	14.5 06:00 feb 17	23.9 24:00 juli 05
003 slaapkamers	2326	2.1 23:00 dec 01	302	2.3 23:00 juli 05	14.5 09:00 feb 17	26.3 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	5.9 09:00 feb 20	28.8 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	8528	4.6 07:00 feb 19	1214	4.4 19:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: **6643** uur
Koeling: **1581** uur

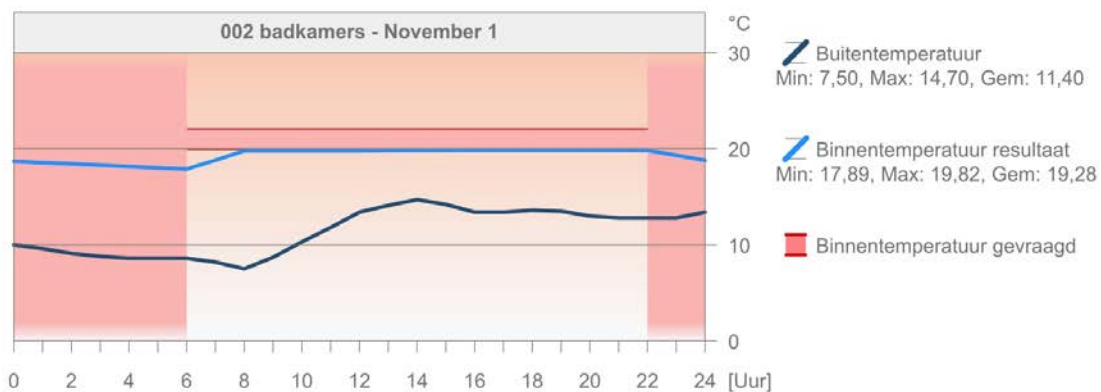
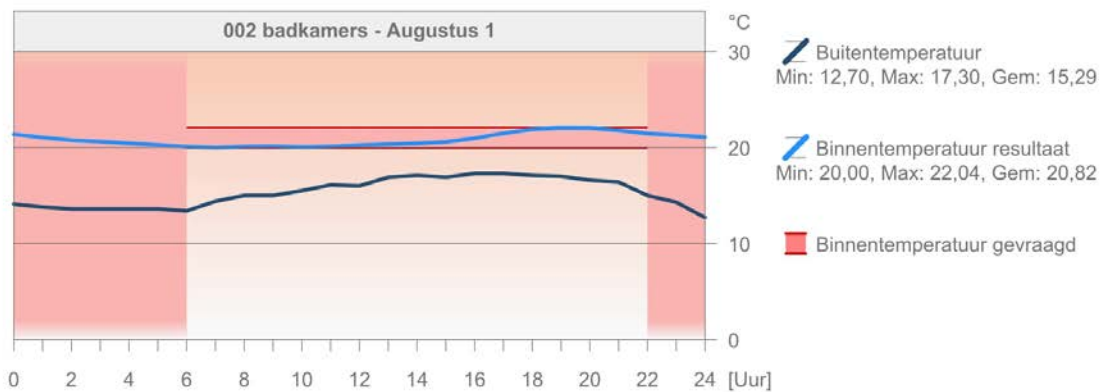
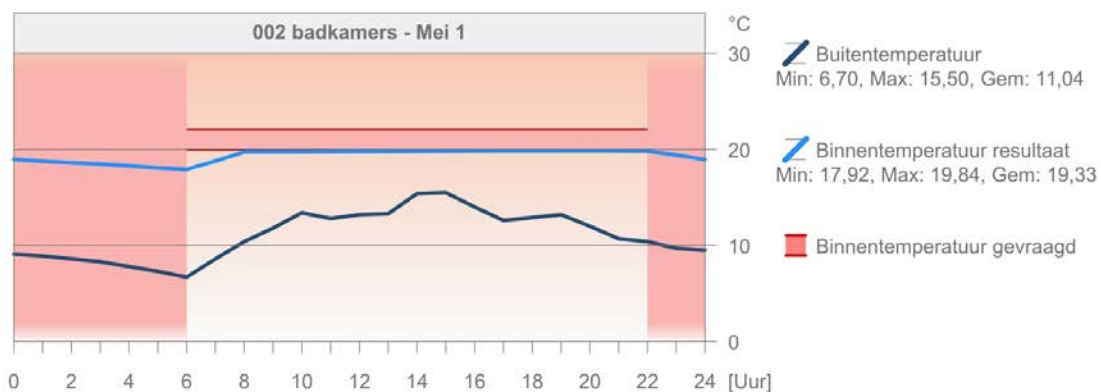
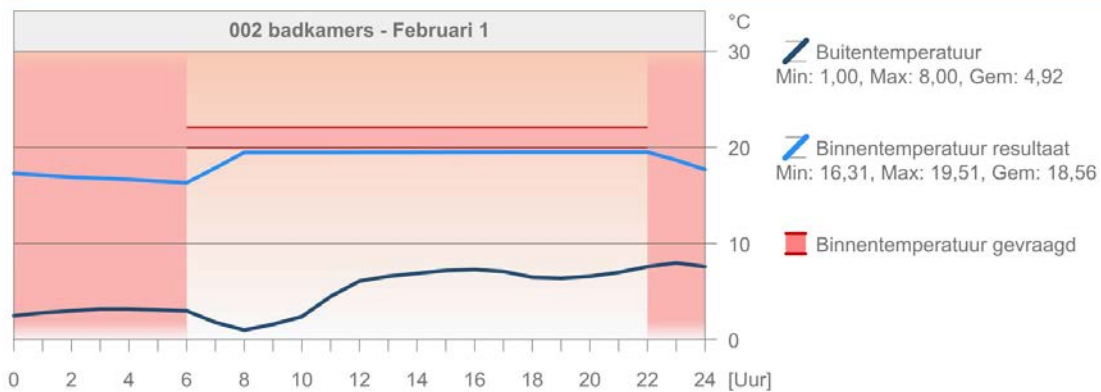
Onvervulde comforturen per jaar

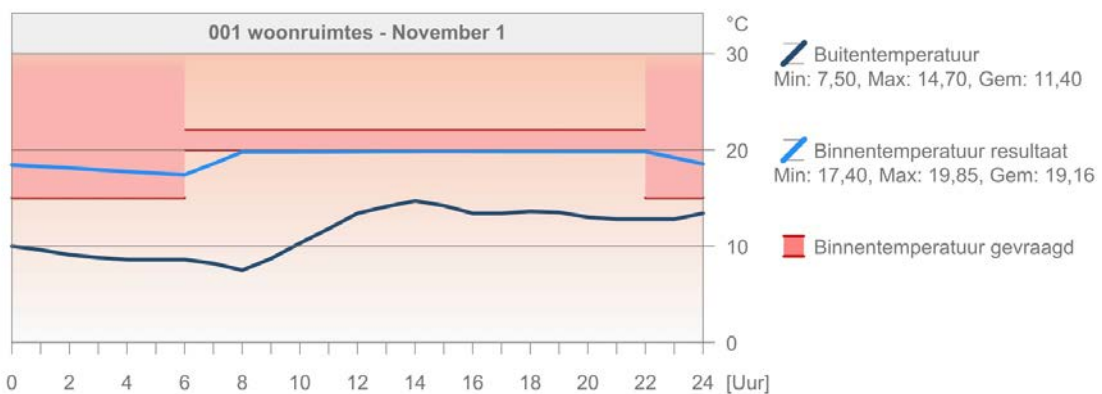
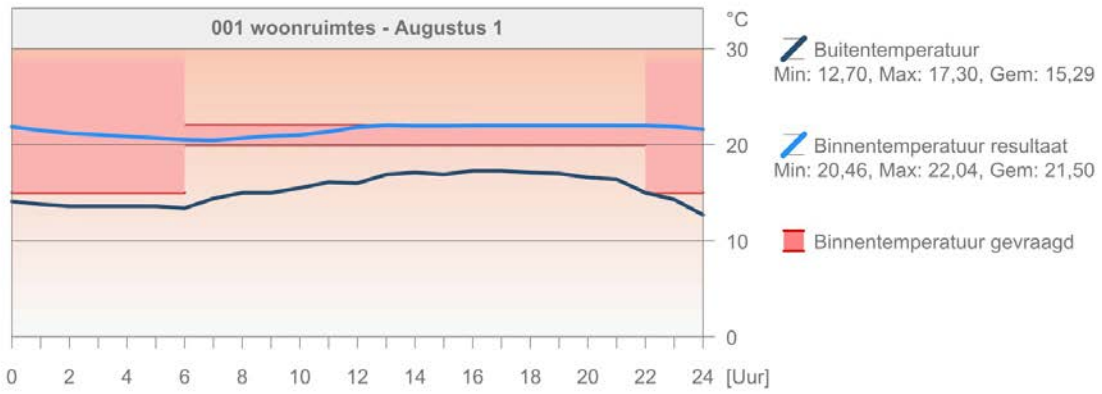
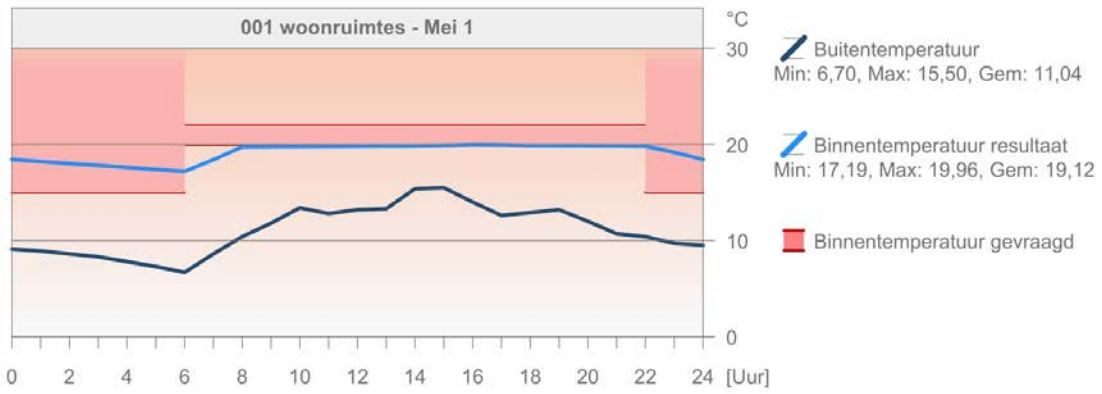
Verwarming: **378** uur
Koeling: **48** uur

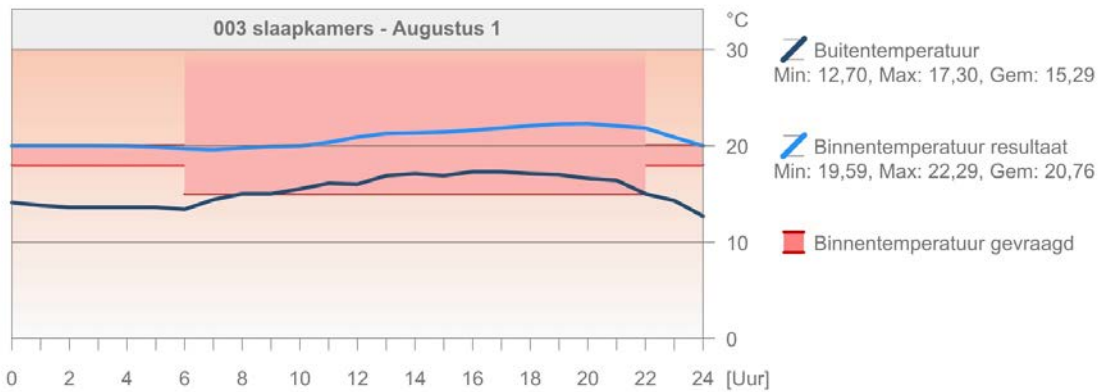
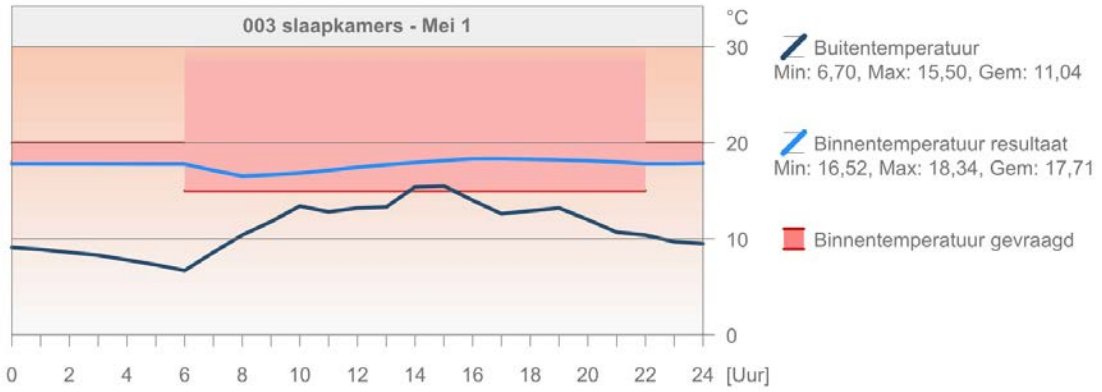
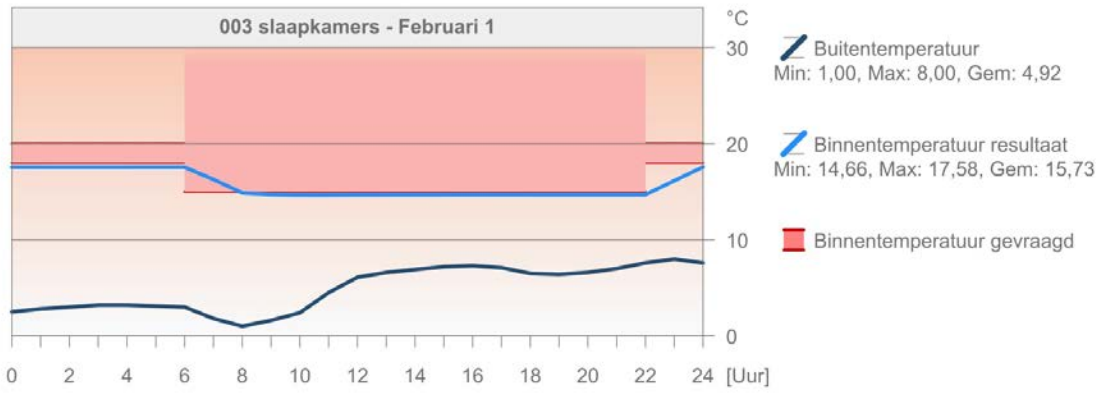
Energieverbruik per voorziening

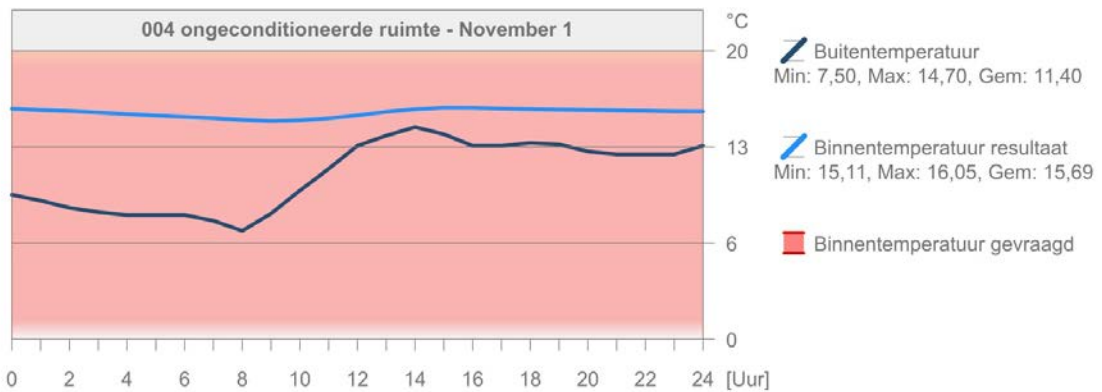
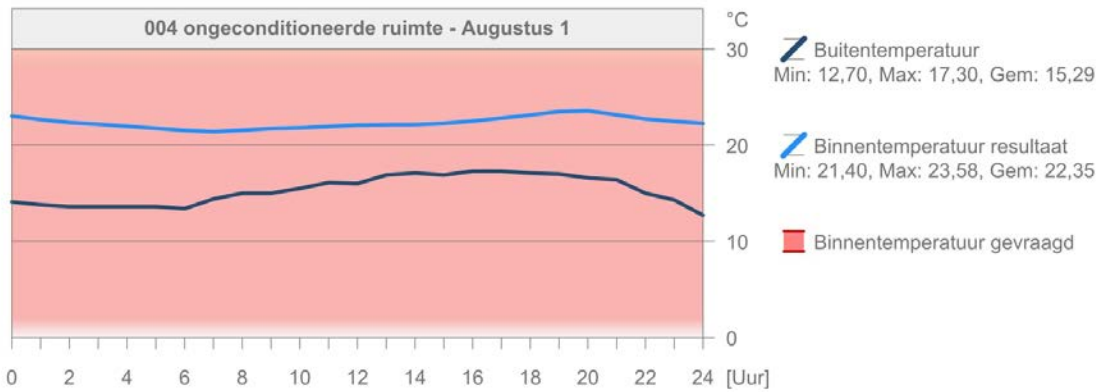
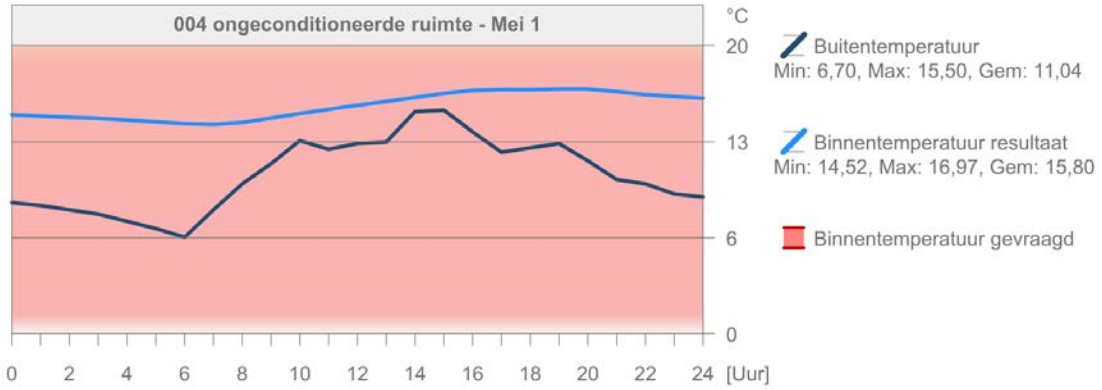
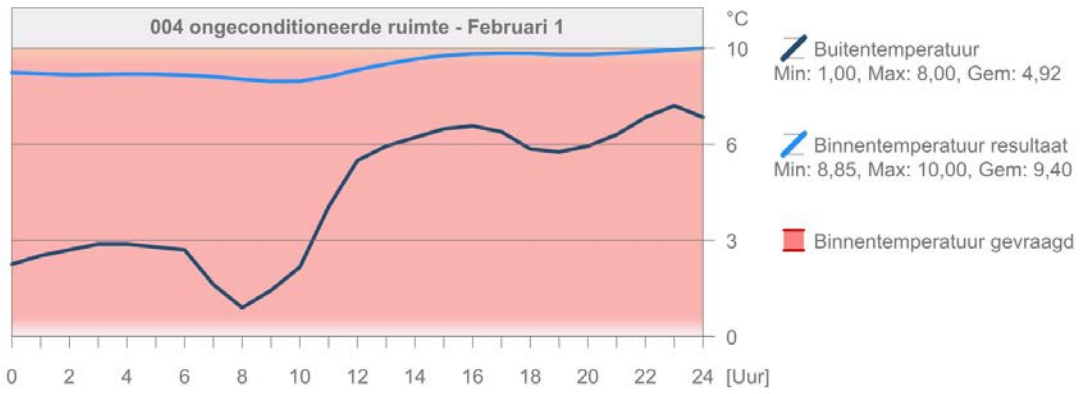
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	8528	9676	528	1842
Koeling	1214	2511	55	70
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	9898	12654	610	1945

Temperatuurprofiel per dag



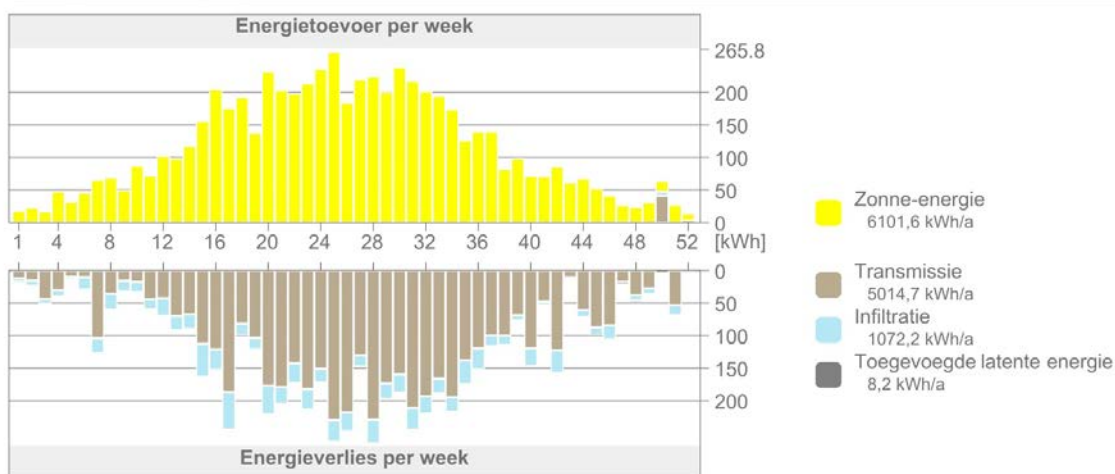






Bijlage 11: resultaten van de simulatie 3.6 voor de EHP woning met massieve binnenmuren en een massieve dekvloer op de eerste verdieping zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	3.5 10:00 feb 20	31.6 20:00 juli 11
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	3.2 09:00 feb 20	31.1 19:00 juli 29
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	3.4 09:00 feb 20	28.2 19:00 juli 29
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	4.3 09:00 feb 20	29.0 20:00 juli 11
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

Aantal gebruiksuren per jaar:

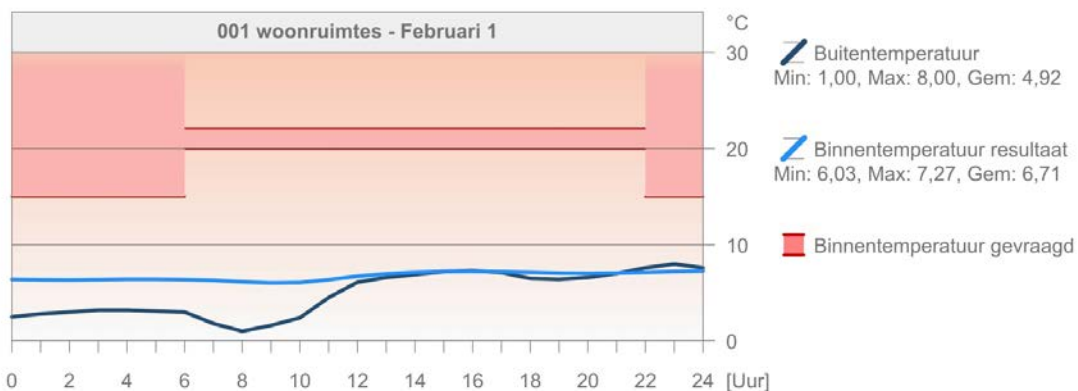
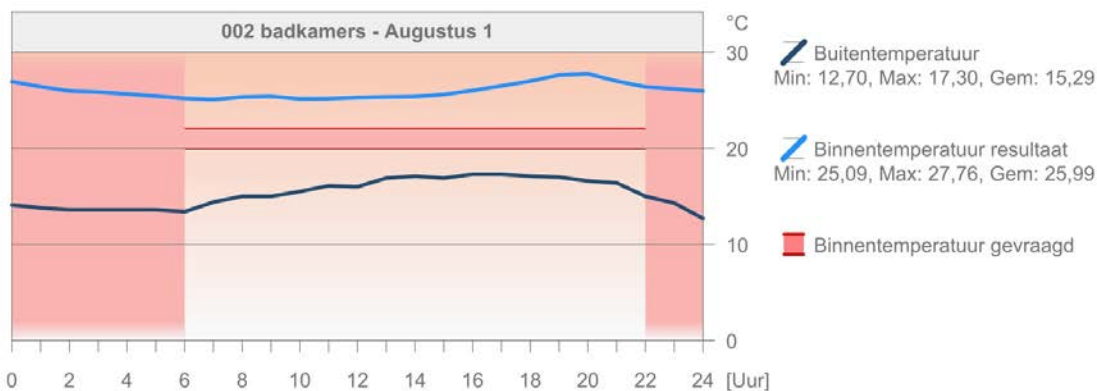
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

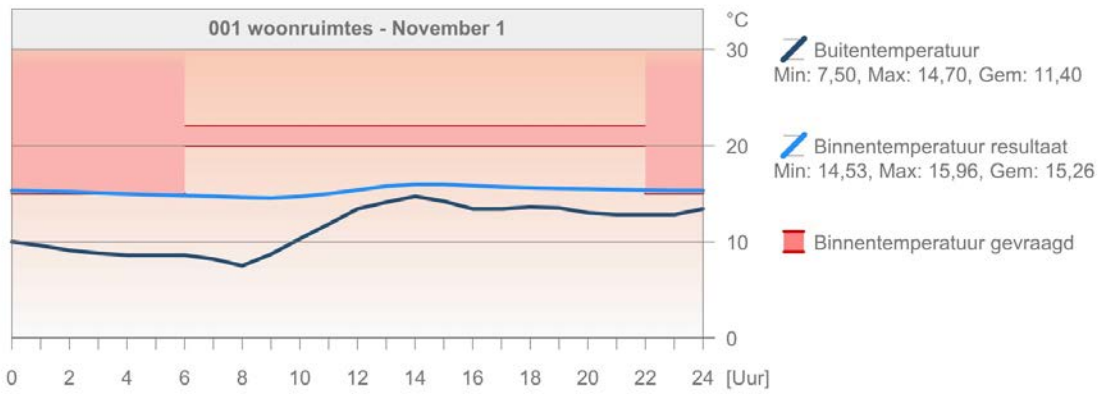
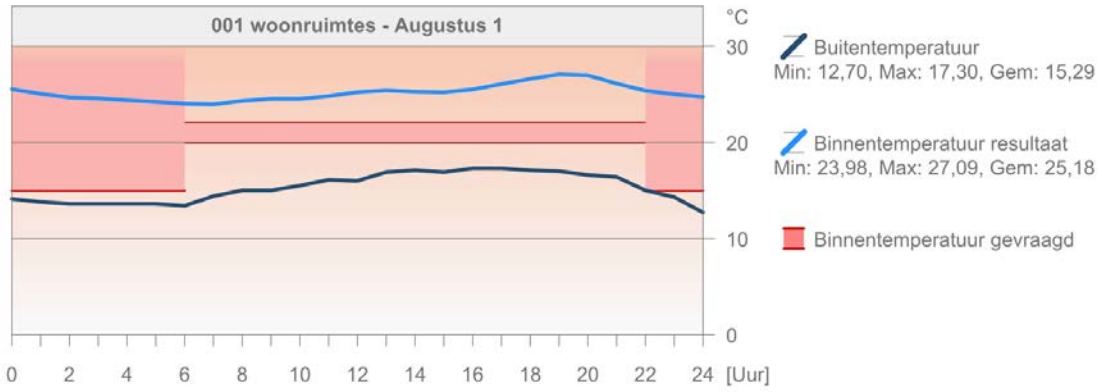
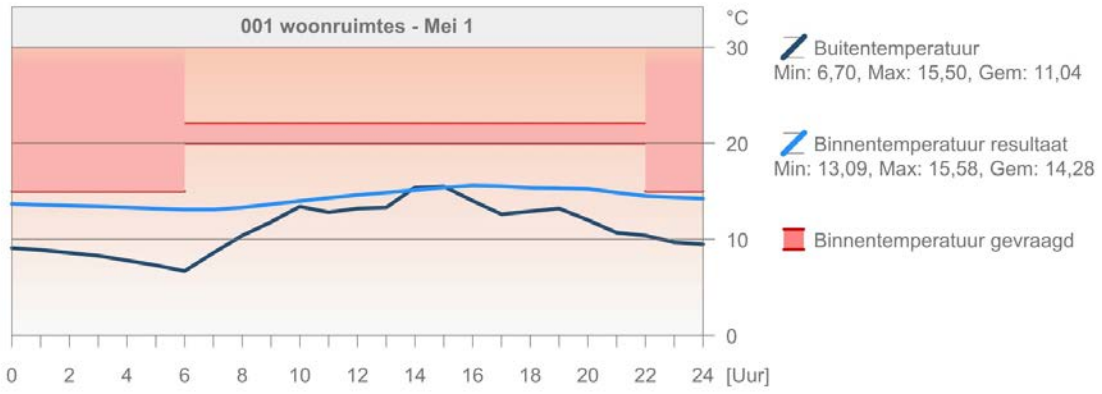
Onvervulde comforturen per jaar

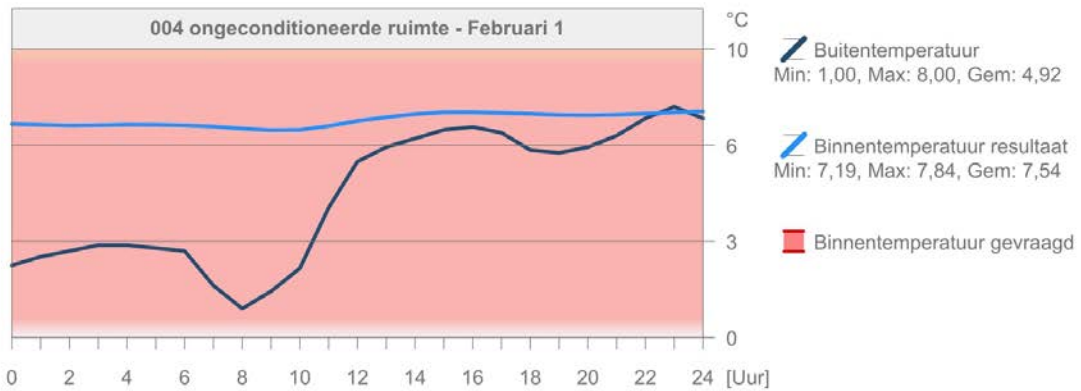
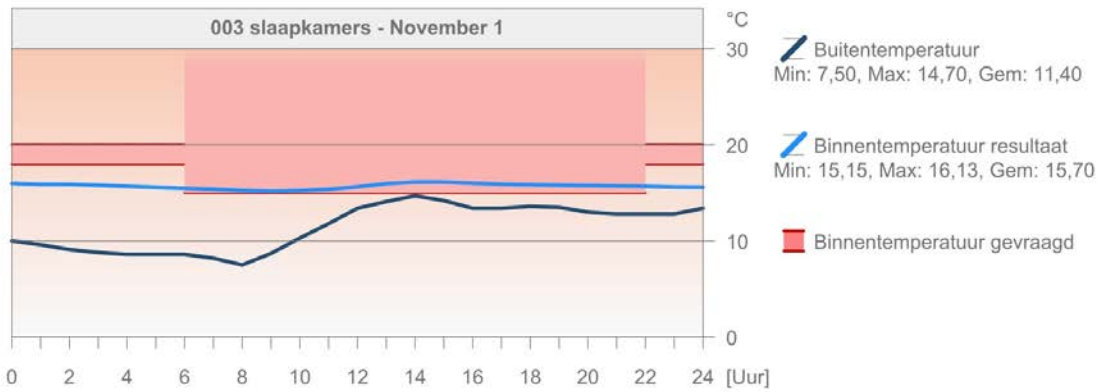
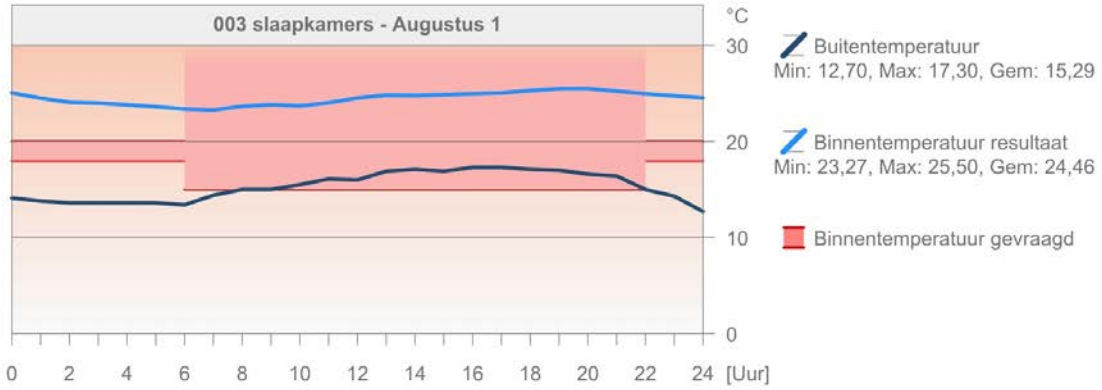
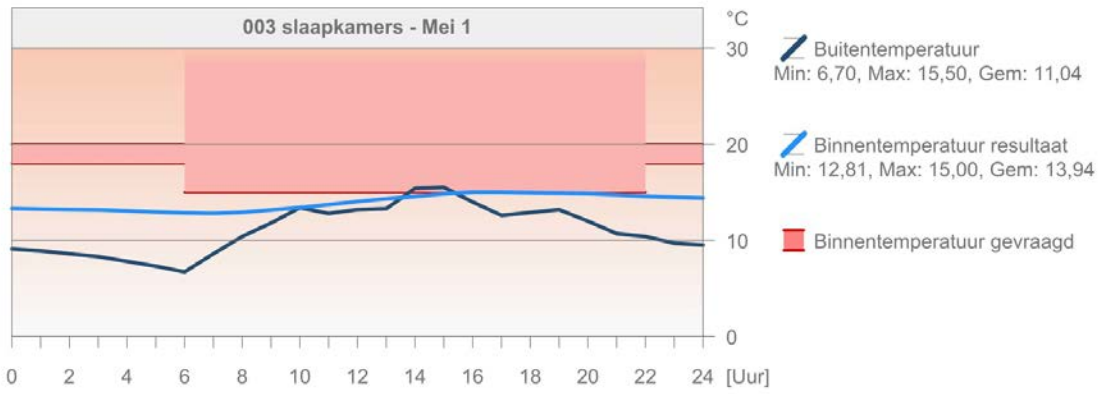
Verwarming: 5472 uur
Koeling: 1896 uur

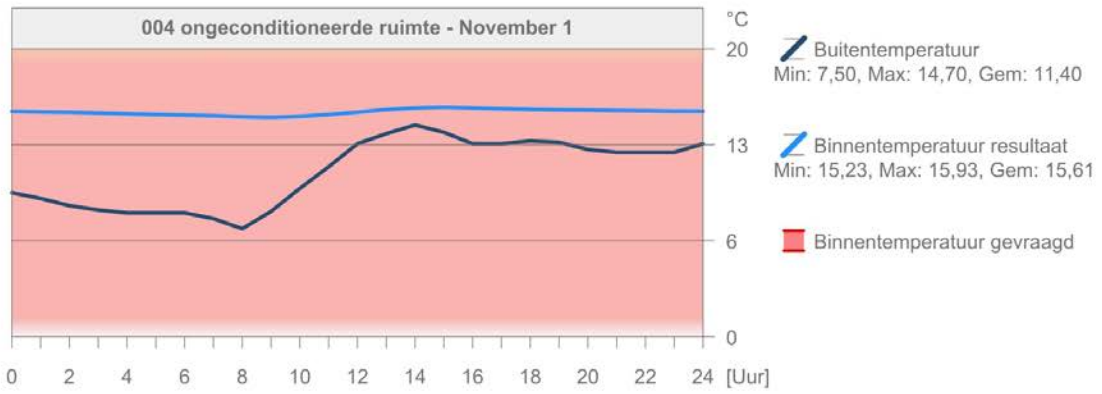
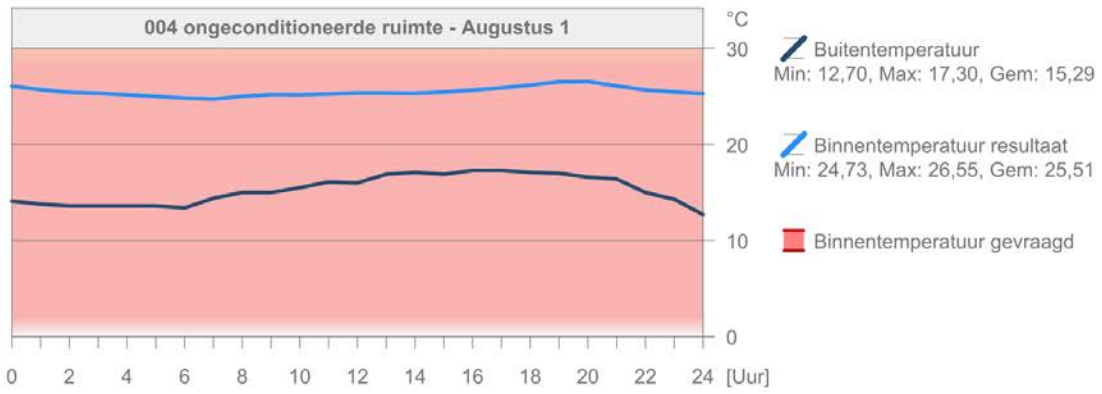
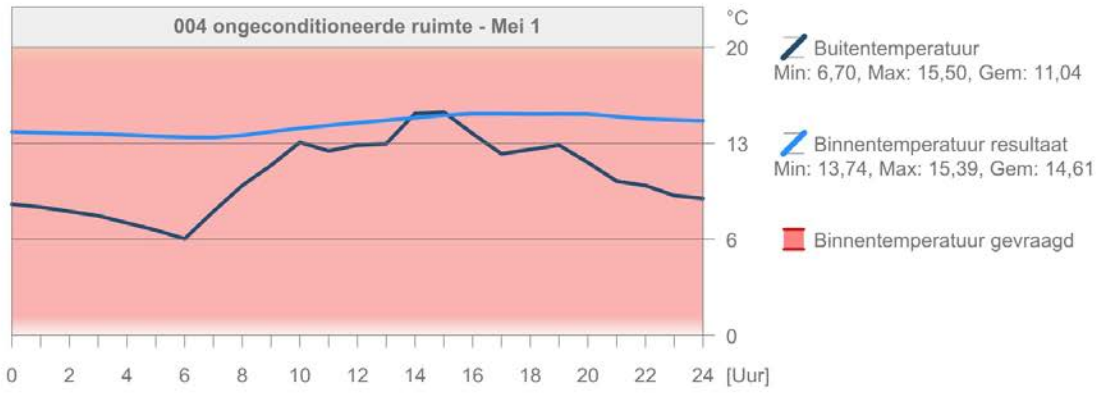
Temperatuurprofiel per dag





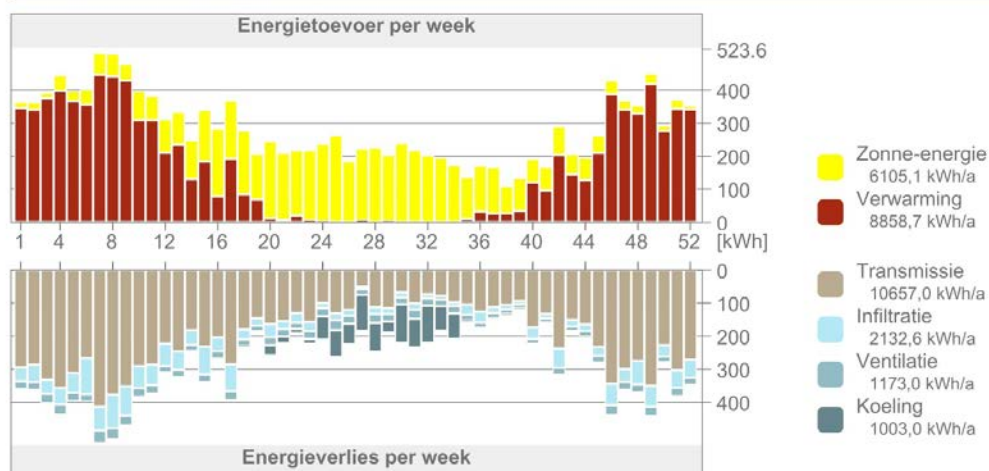






Bijlage 12: resultaten van de simulatie 3.6 voor de EHP woning met massieve binnenmuren en een massieve dekvloer op de eerste verdieping met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingsvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	767	0.5 07:00 feb 19	49	0.4 19:00 juli 05	15.1 06:00 feb 20	23.7 24:00 juli 05
001 woonruimtes	5894	3.3 07:00 feb 19	663	3.0 19:00 juli 05	14.6 06:00 feb 20	23.9 24:00 juli 05
003 slaapkamers	2196	1.8 23:00 feb 20	290	1.6 23:00 juli 05	14.7 09:00 feb 20	25.8 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	10.2 09:00 feb 20	26.8 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	8858	4.4 07:00 feb 19	1003	3.4 19:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6606 uur
Koeling: 1652 uur

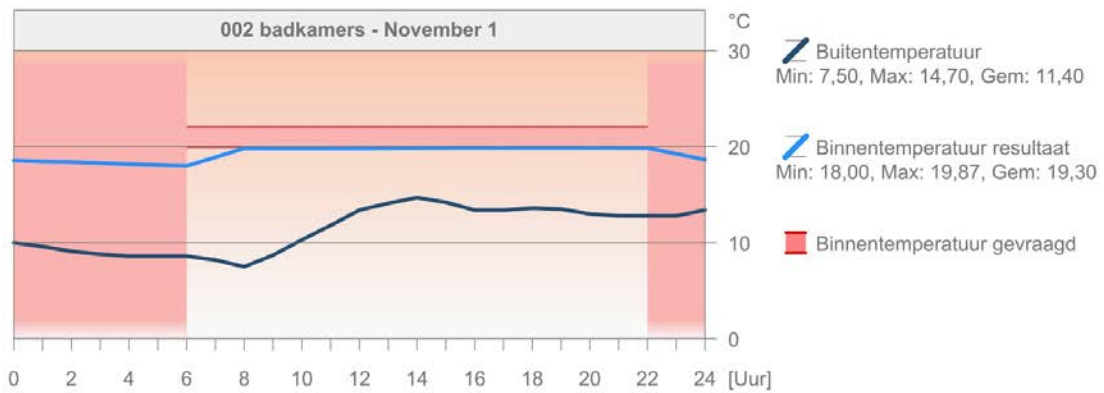
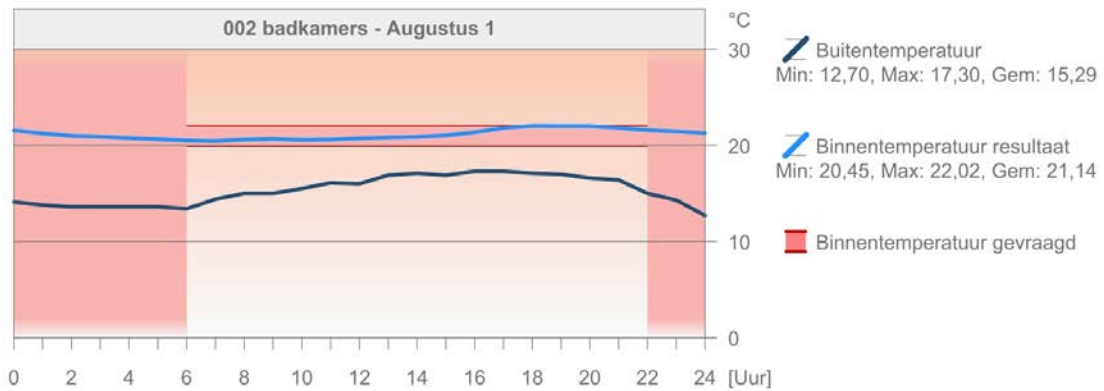
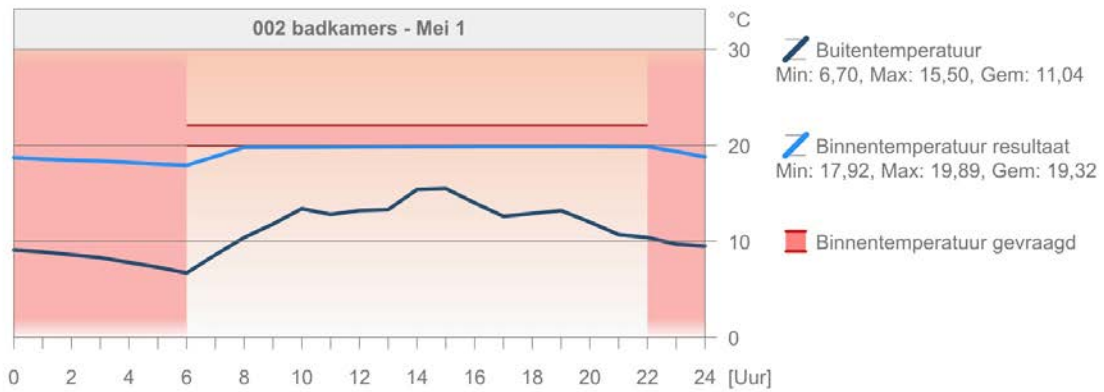
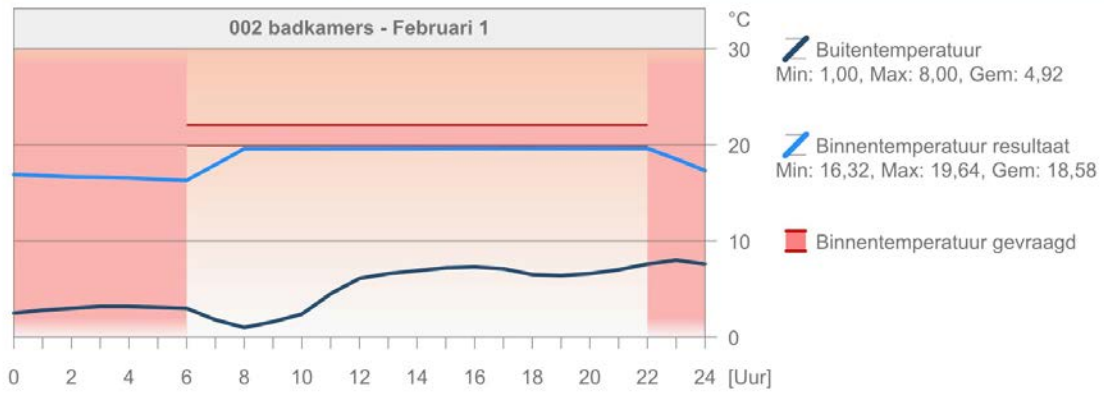
Onvervulde comforturen per jaar

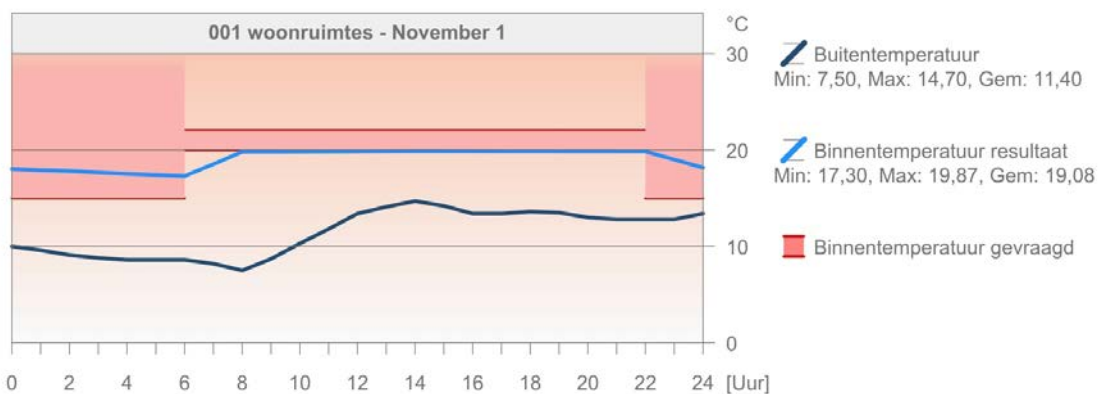
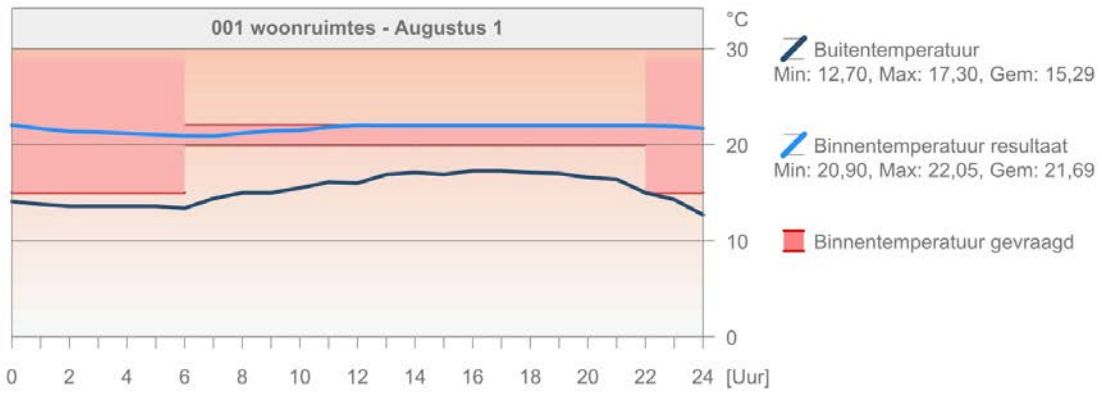
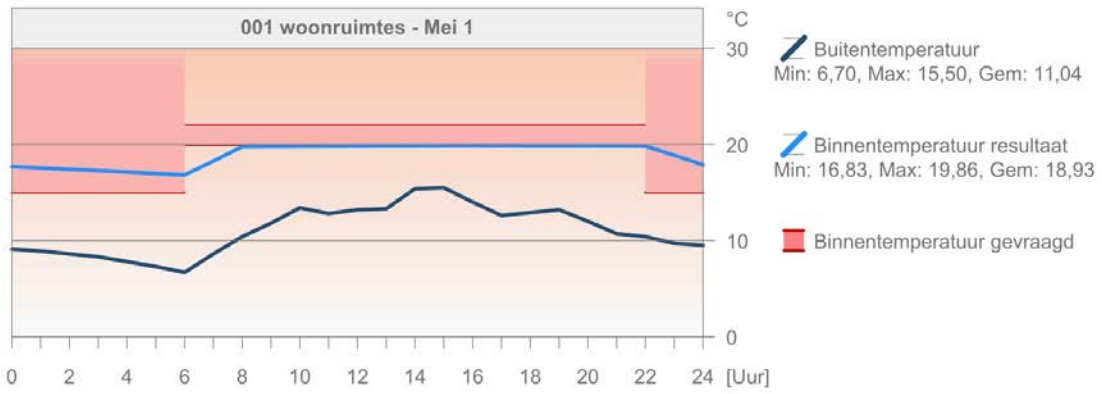
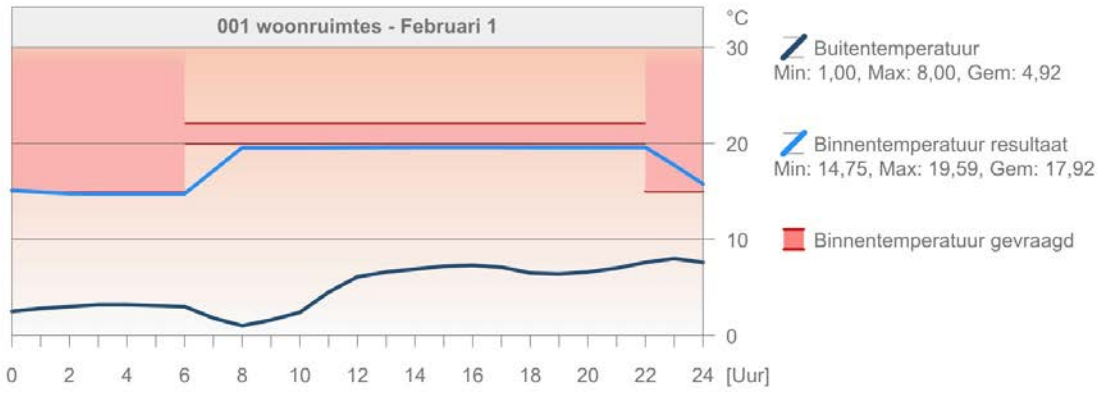
Verwarming: 381 uur
Koeling: 47 uur

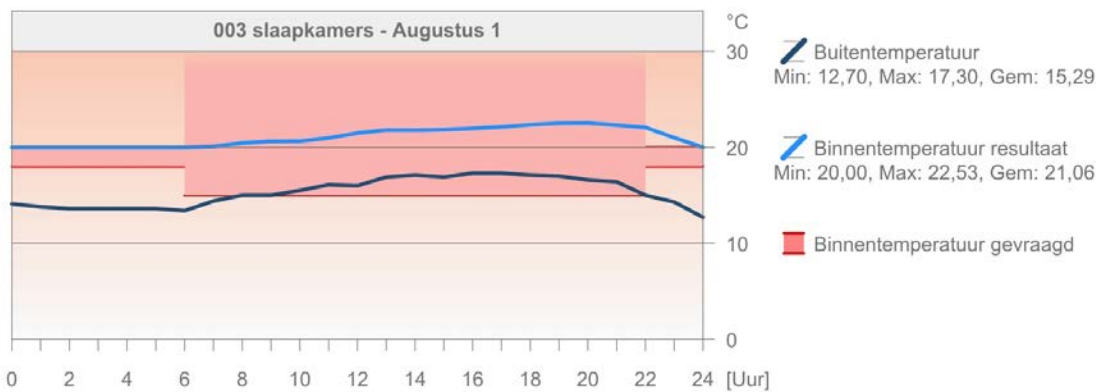
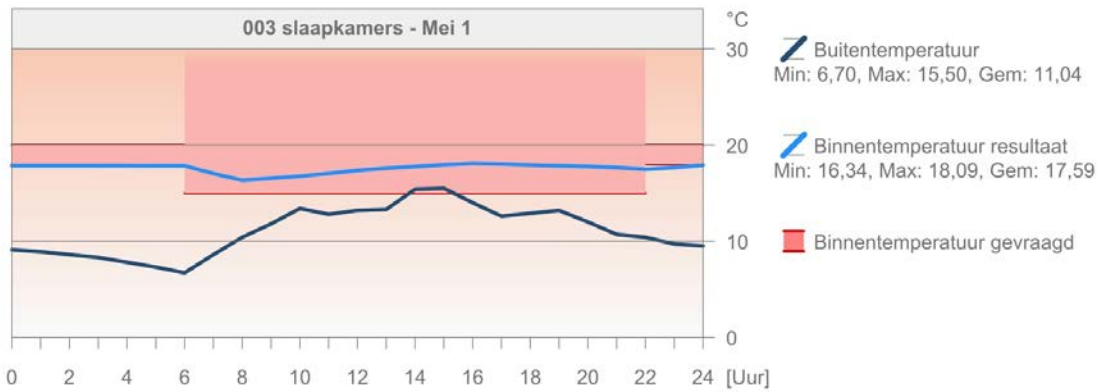
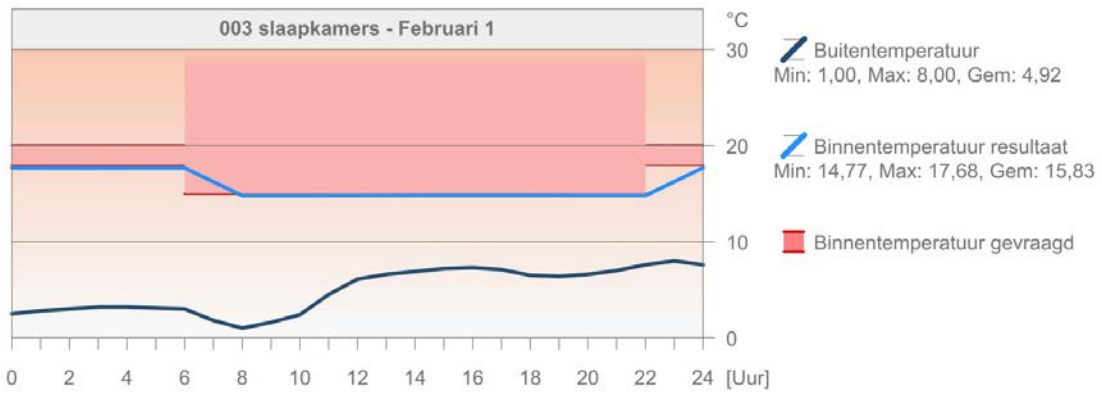
Energieverbruik per voorziening

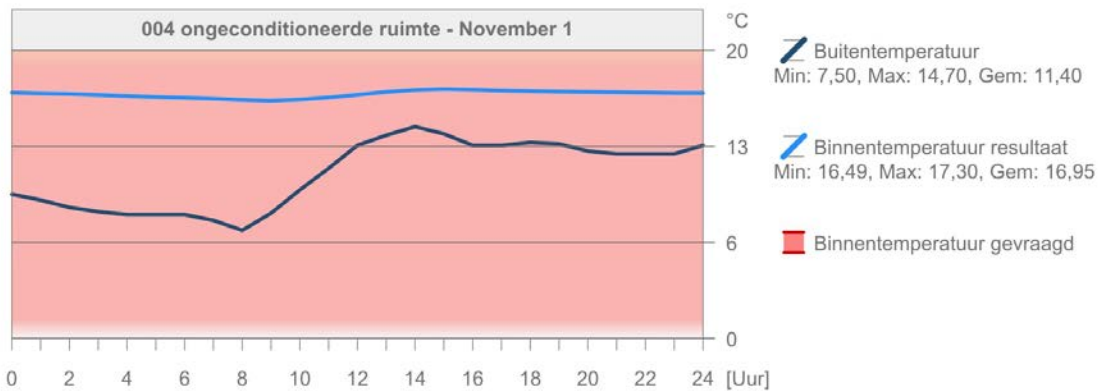
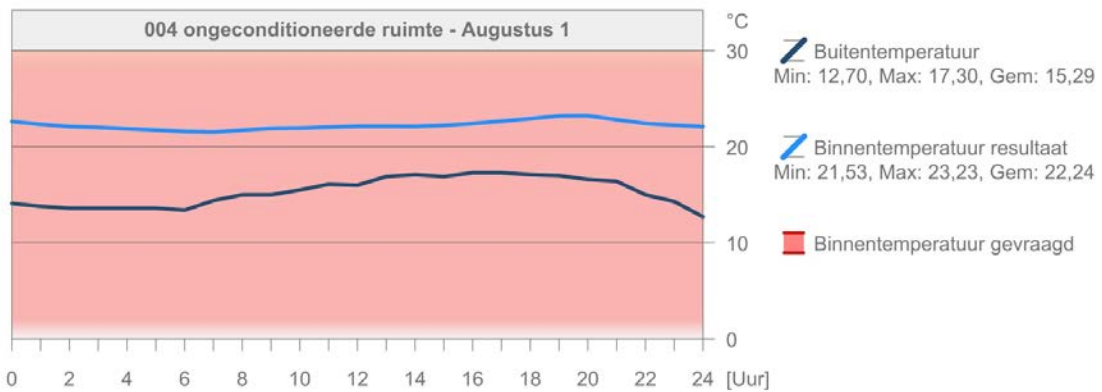
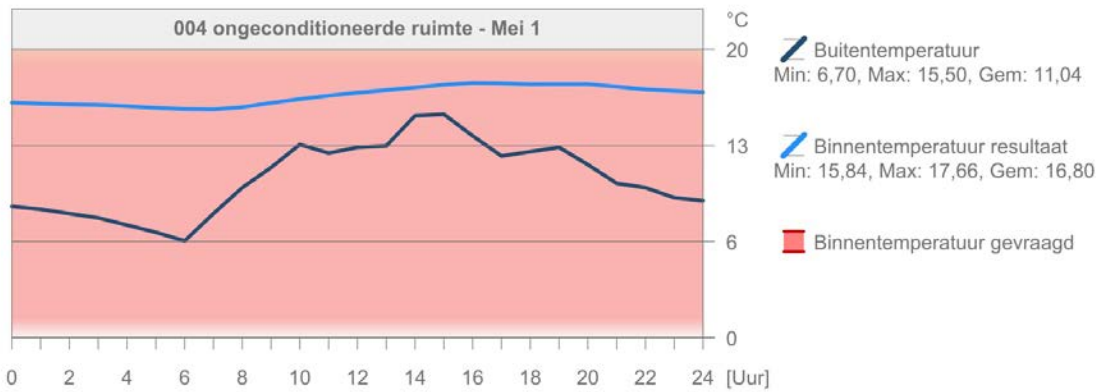
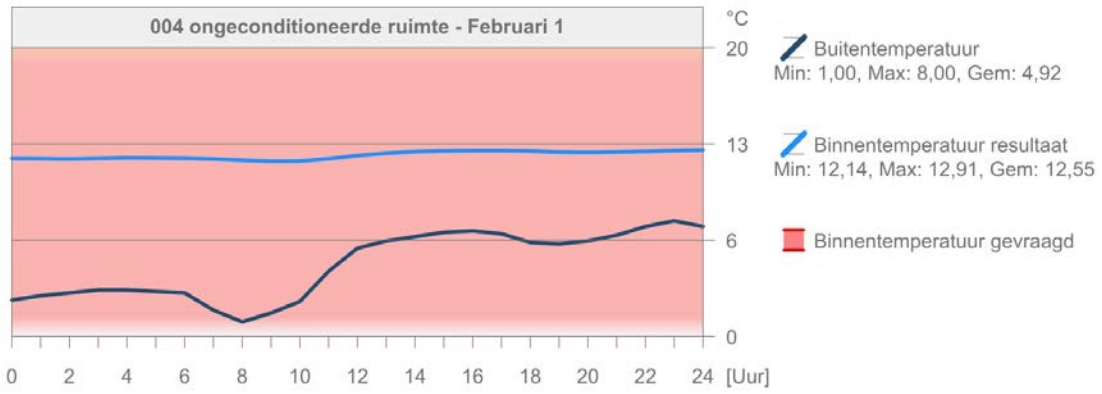
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	8858	10051	549	1913
Koeling	1003	2059	44	57
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	10017	12578	620	2004

Temperatuurprofiel per dag



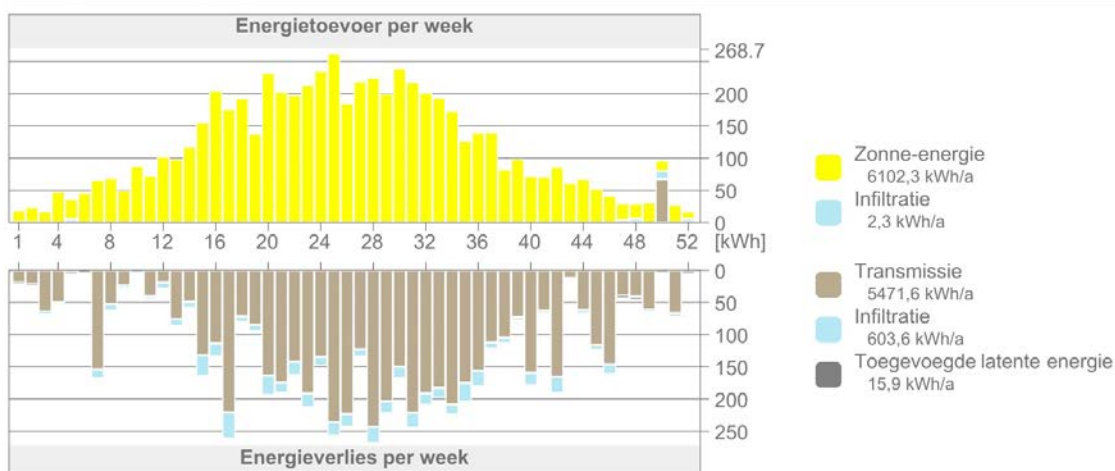






Bijlage 13: resultaten van de simulatie 3.7 voor de traditioneel massieve gemetste woning zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingsvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	2.3	27.8
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	2.3	29.6
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	1.9	26.3
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	2.7	27.0
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

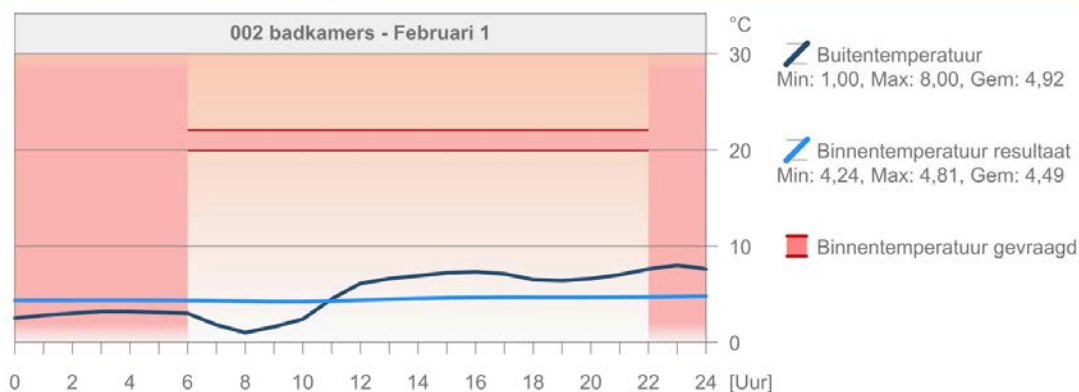
Aantal gebruiksuren per jaar:

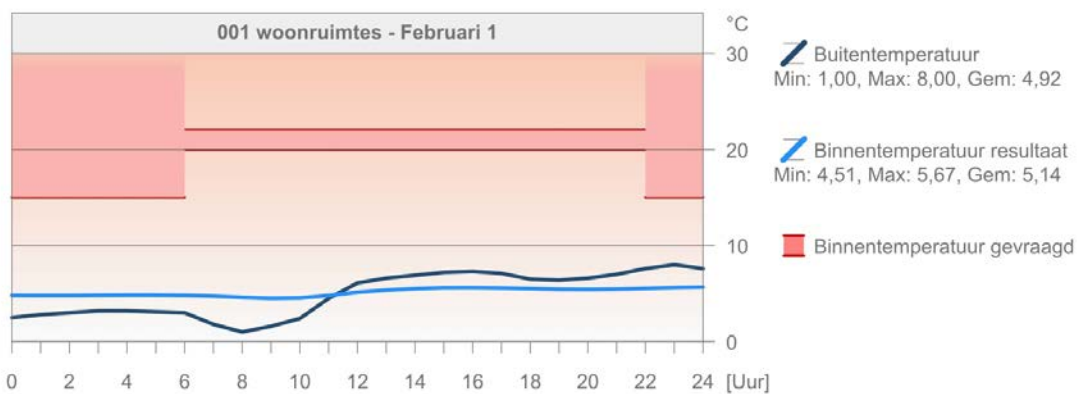
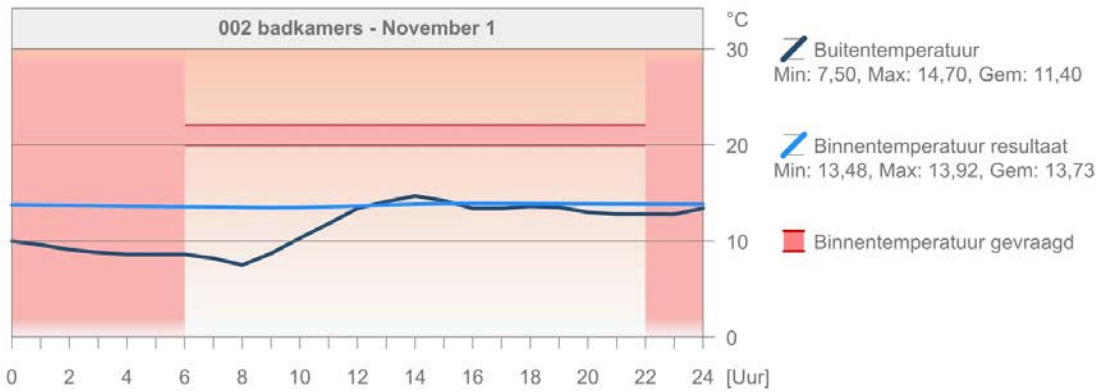
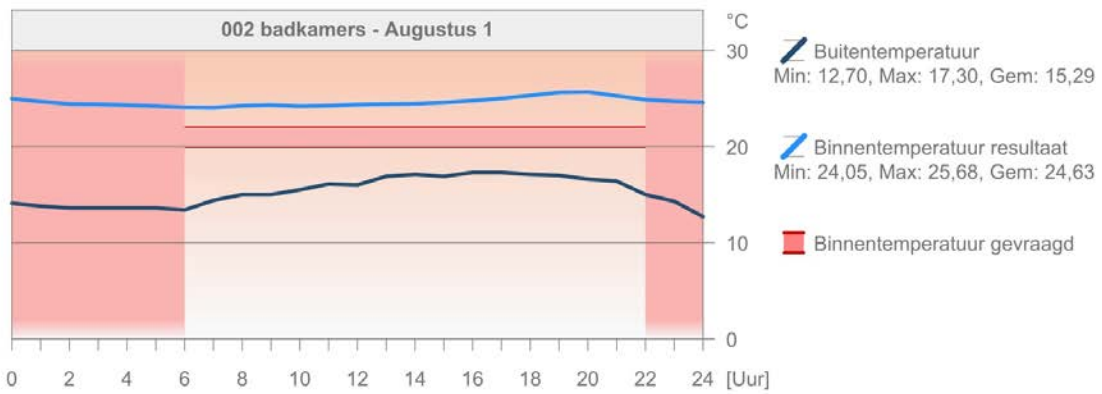
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

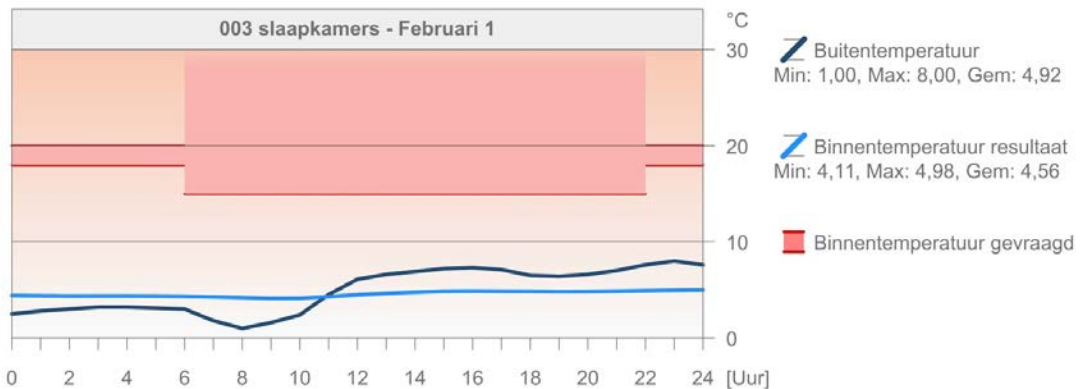
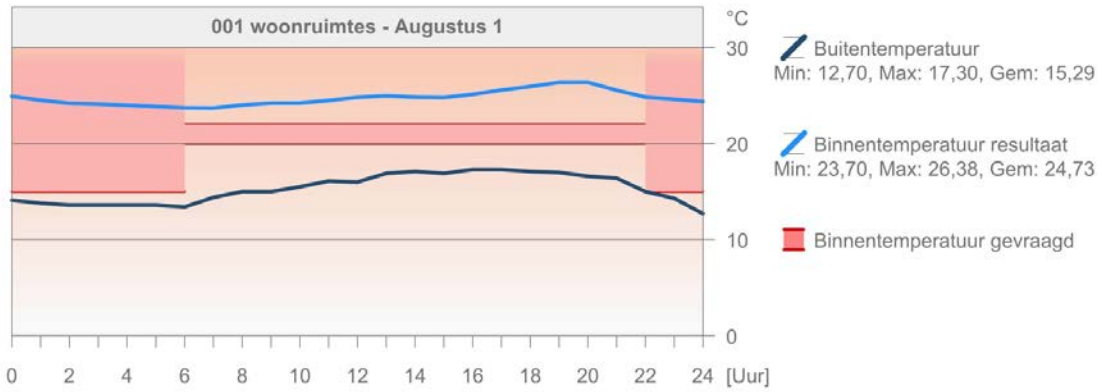
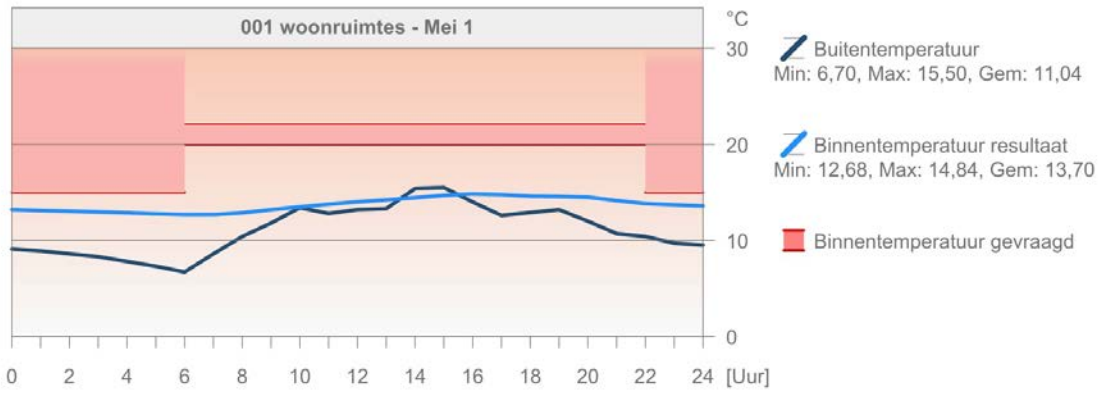
Onvervulde comforturen per jaar

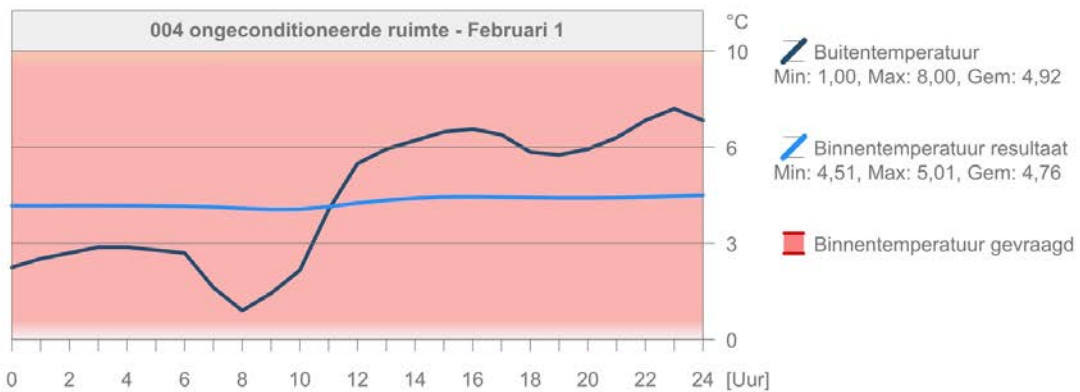
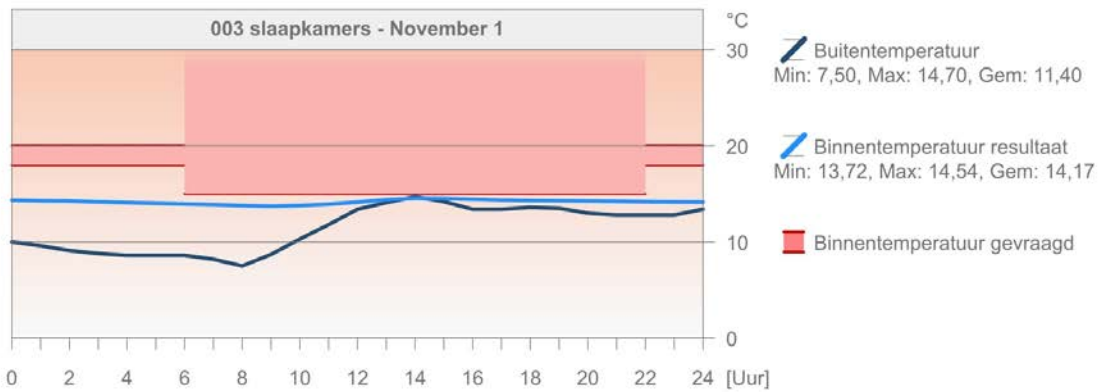
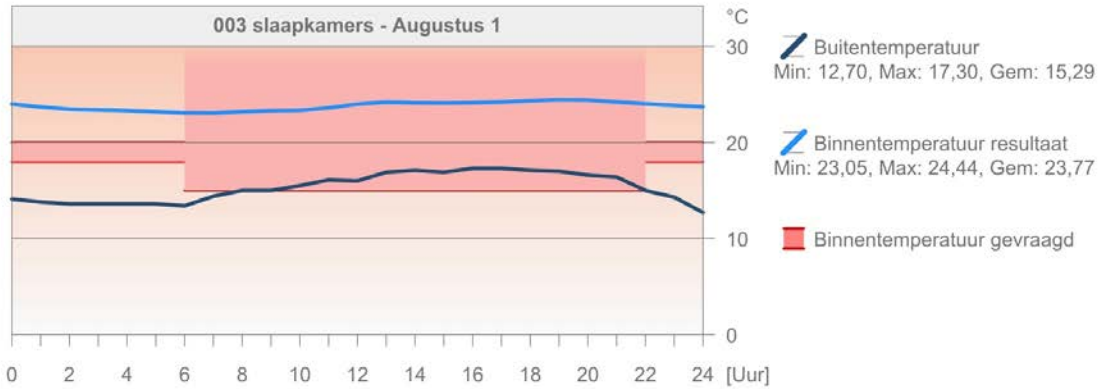
Verwarming: 5715 uur
Koeling: 1696 uur

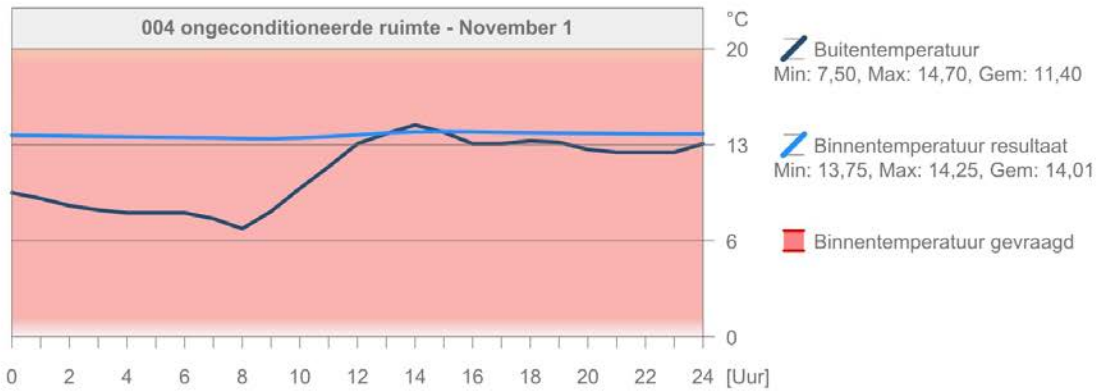
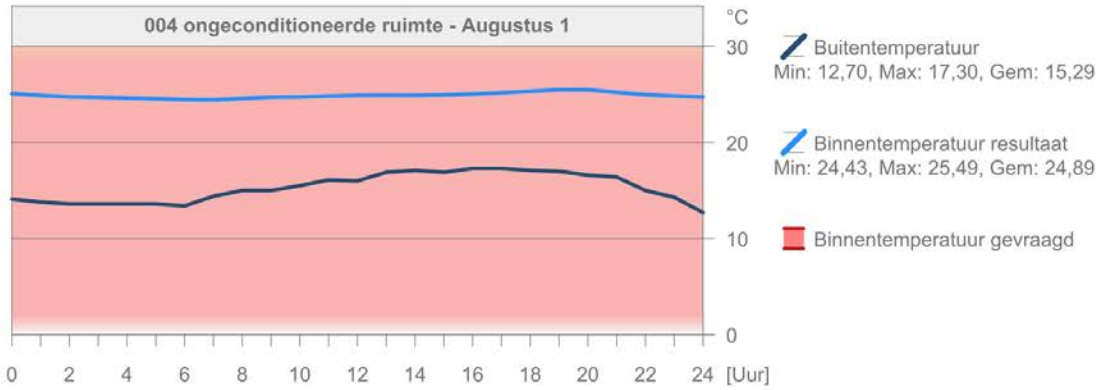
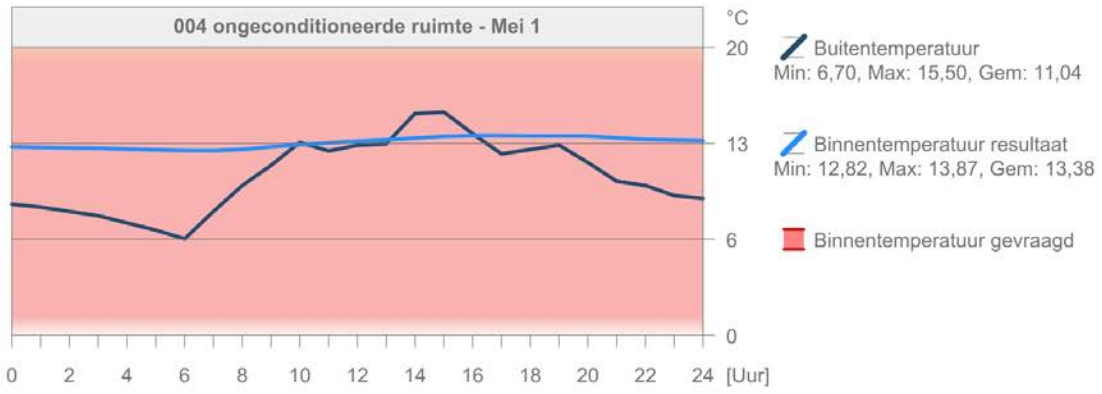
Temperatuurprofiel per dag





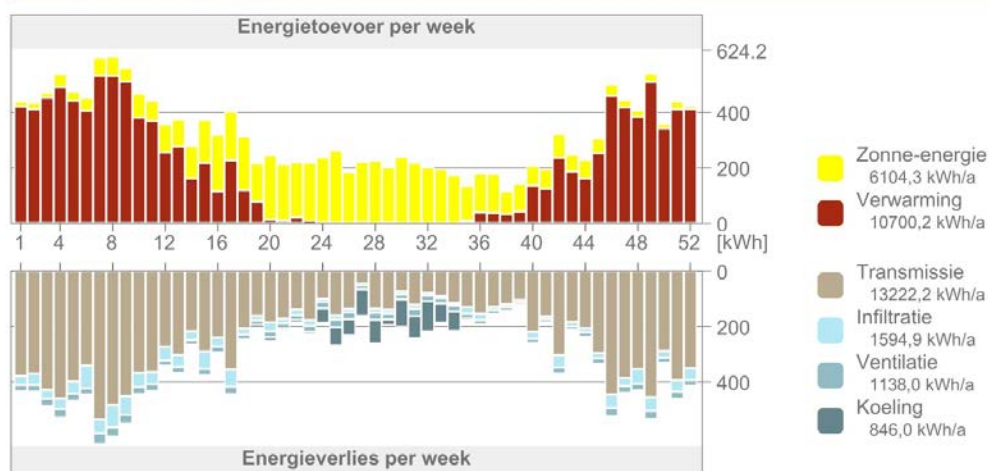






Bijlage 14: resultaten van de simulatie 3.7 voor de traditioneel massieve gemetste woning met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	1218	0.6 07:00 feb 19	28	0.3 19:00 juli 29	14.5 06:00 feb 20	22.8 24:00 juli 05
001 woonruimtes	6582	3.5 07:00 feb 19	572	2.7 19:00 juli 29	14.7 06:00 feb 20	23.5 24:00 juli 05
003 slaapkamers	2899	2.2 23:00 feb 20	244	1.3 23:00 juli 05	14.7 09:00 feb 20	24.4 19:00 juli 29
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	11.2 09:00 feb 20	24.7 19:00 juli 29
Alle klimaatzones:	10700	4.9 07:00 feb 19	845	3.0 19:00 juli 29		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6735 uur
Koeling: 1499 uur

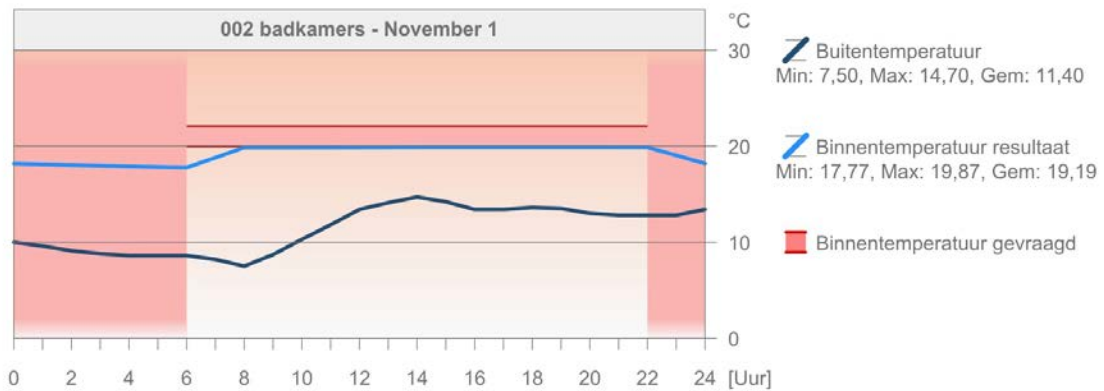
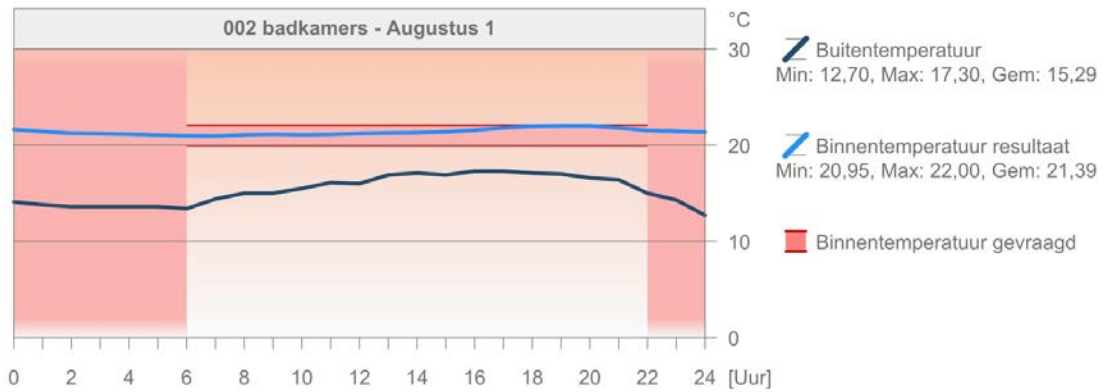
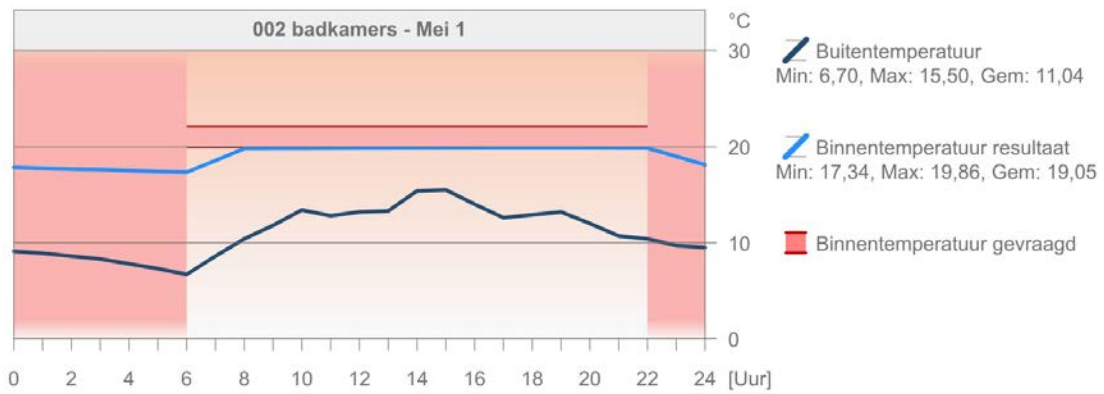
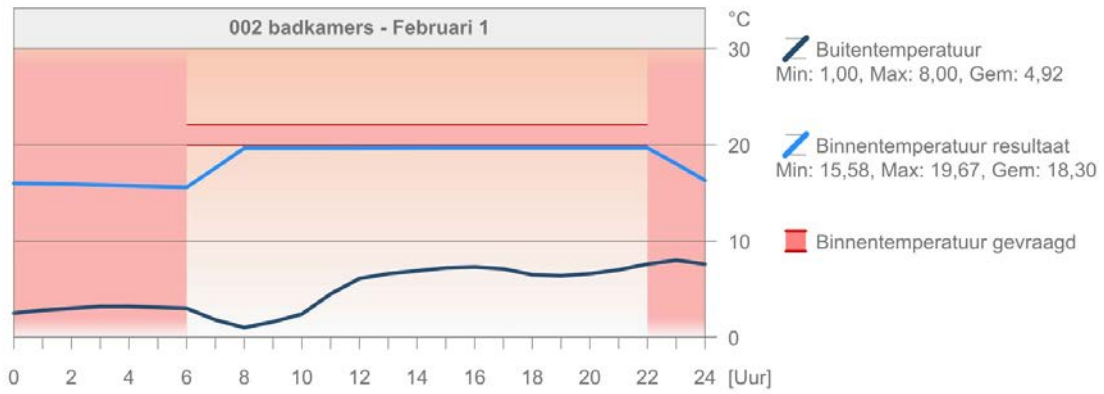
Onvervulde comforturen per jaar

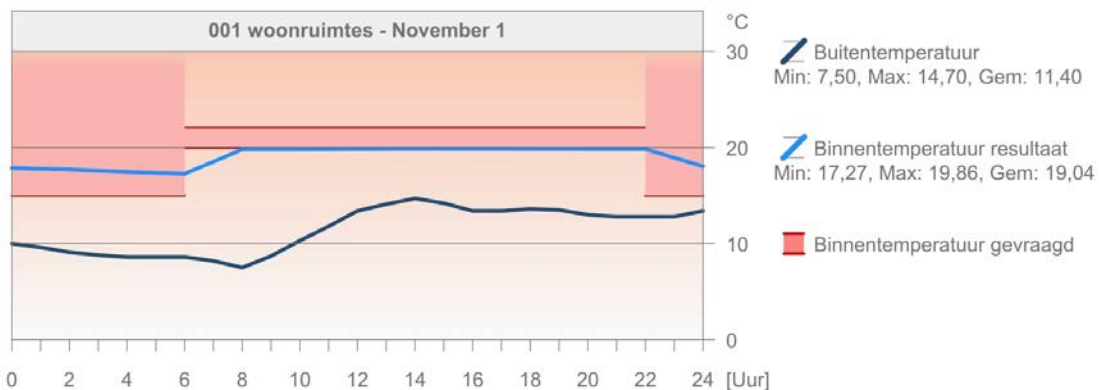
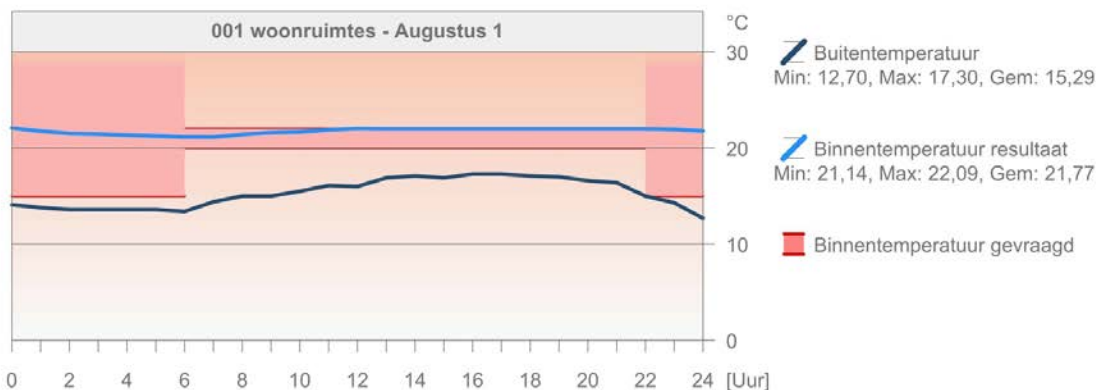
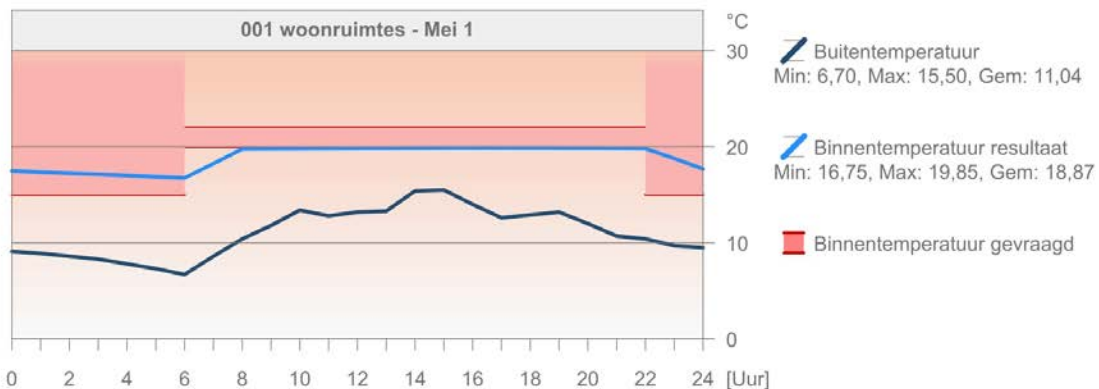
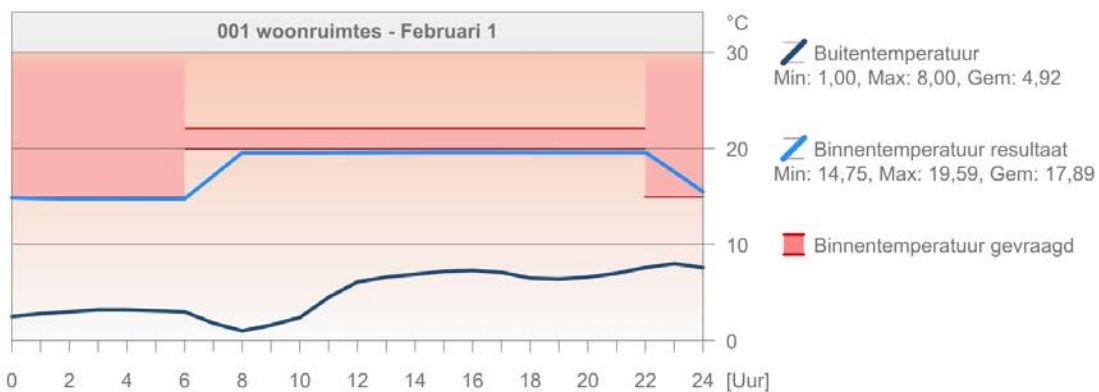
Verwarming: 389 uur
Koeling: 23 uur

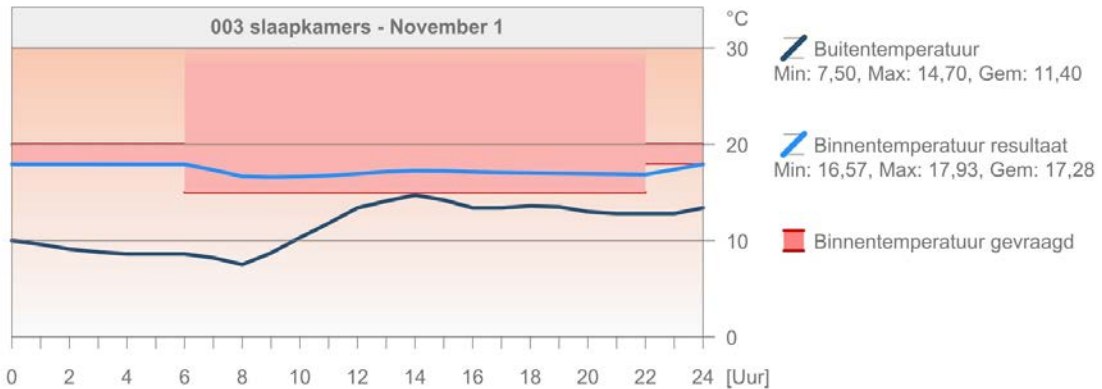
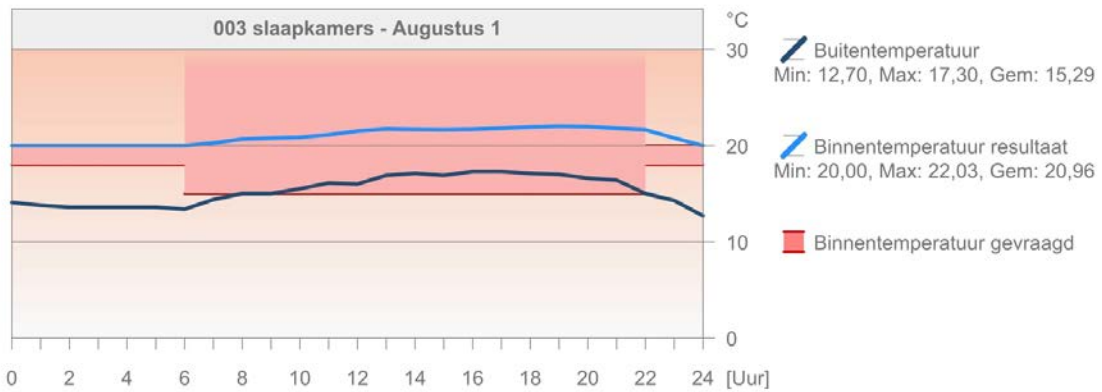
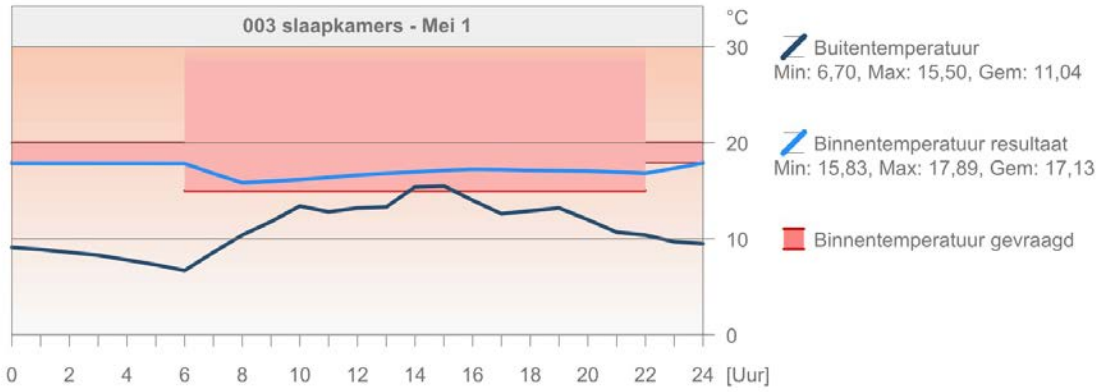
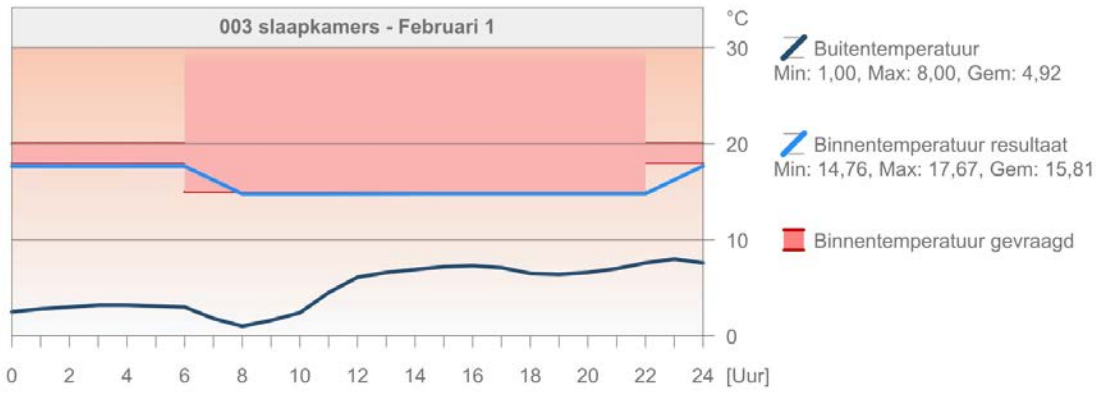
Energieverbruik per voorziening

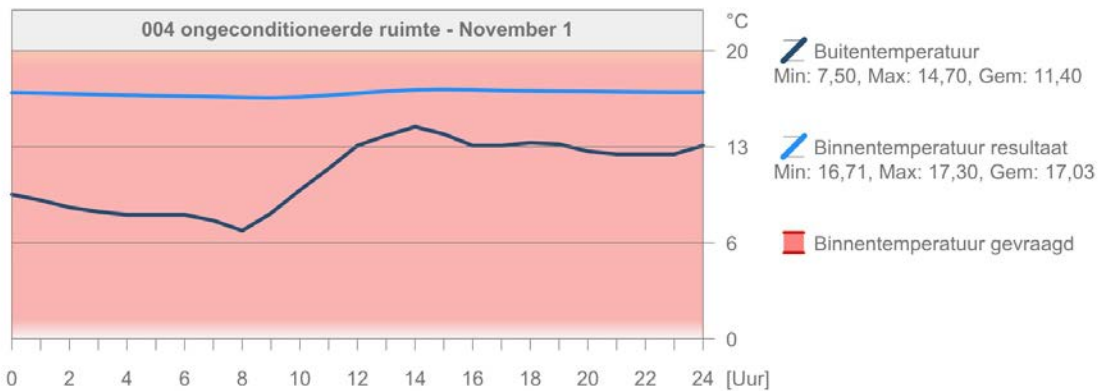
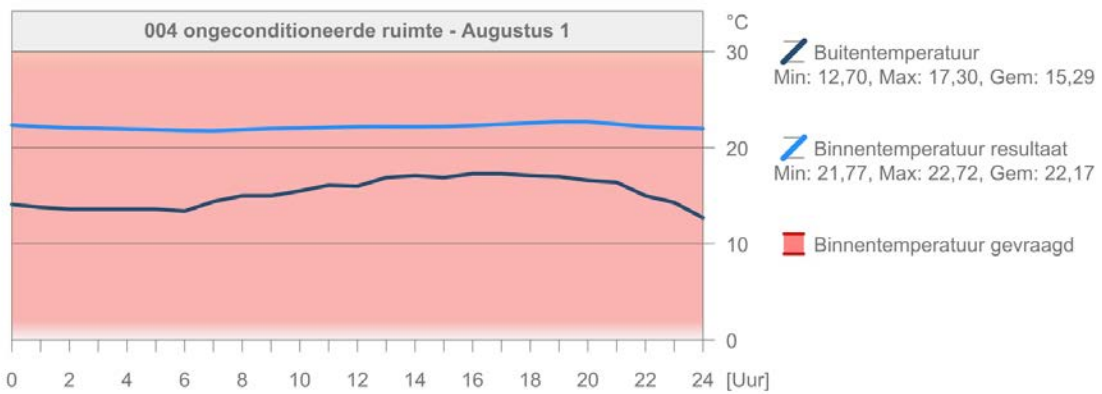
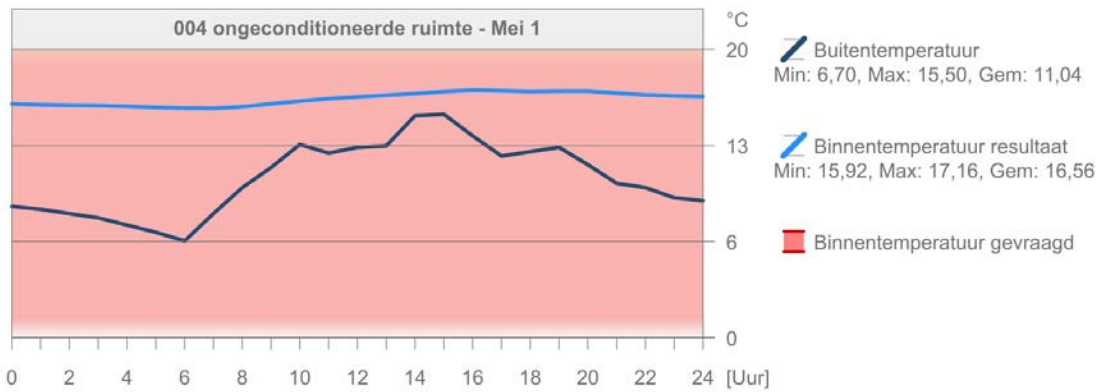
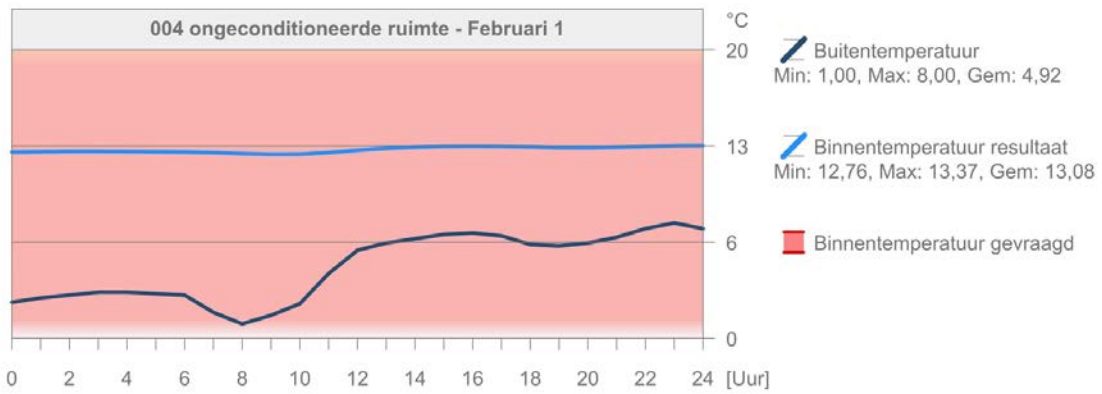
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	10700	12144	663	2311
Koeling	845	1751	38	48
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	11701	14363	728	2393

Temperatuurprofiel per dag



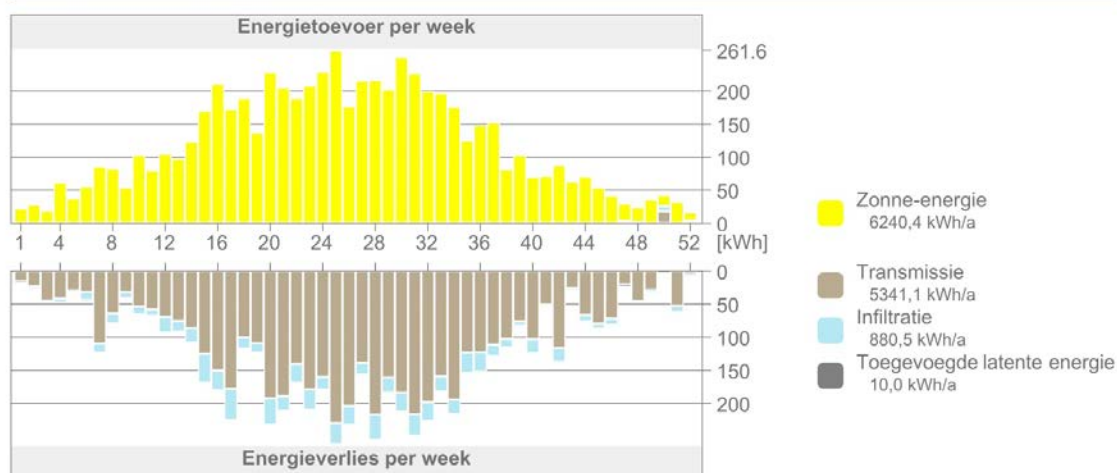






Bijlage 15: resultaten van de simulatie 3.8 voor de EHP woning die 90° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het westen gericht zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0,0	0	0,0	2,8 09:00 feb 17	30,0 20:00 juli 29
001 woonruimtes	0	0,0	0	0,0	2,9 09:00 feb 18	31,0 19:00 juli 29
003 slaapkamers	0	0,0	0	0,0	1,4 09:00 feb 17	35,0 20:00 juli 29
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0,0	0	0,0	3,9 09:00 feb 17	35,2 19:00 juli 29
Alle klimaatzones:	0	0,0	0	0,0		

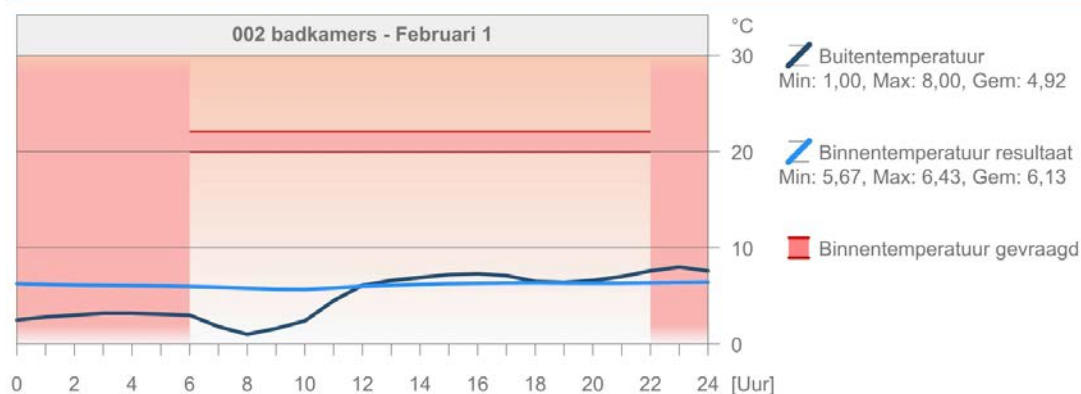
Aantal gebruiksuren per jaar:

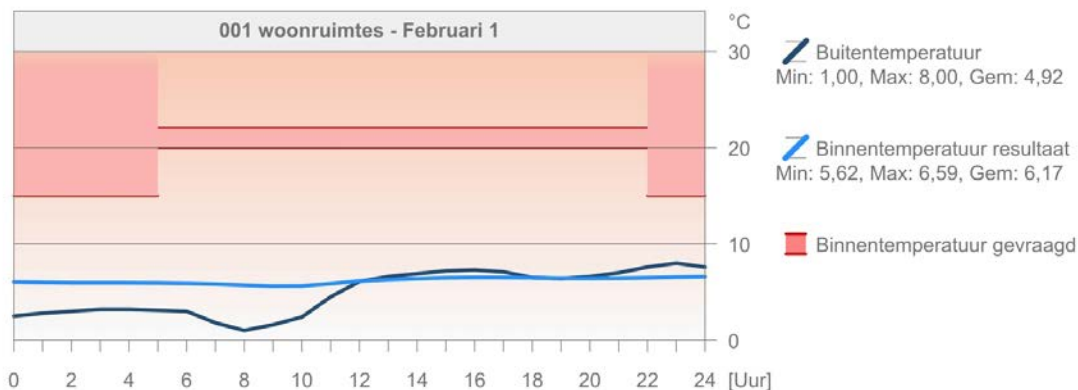
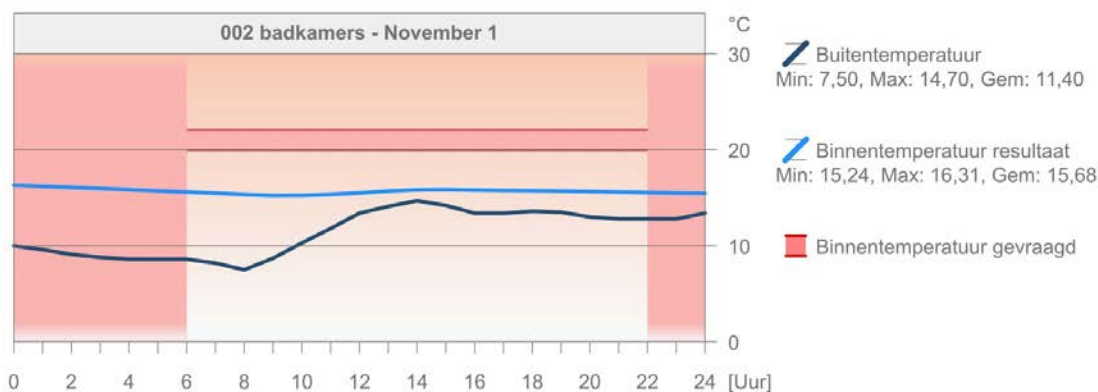
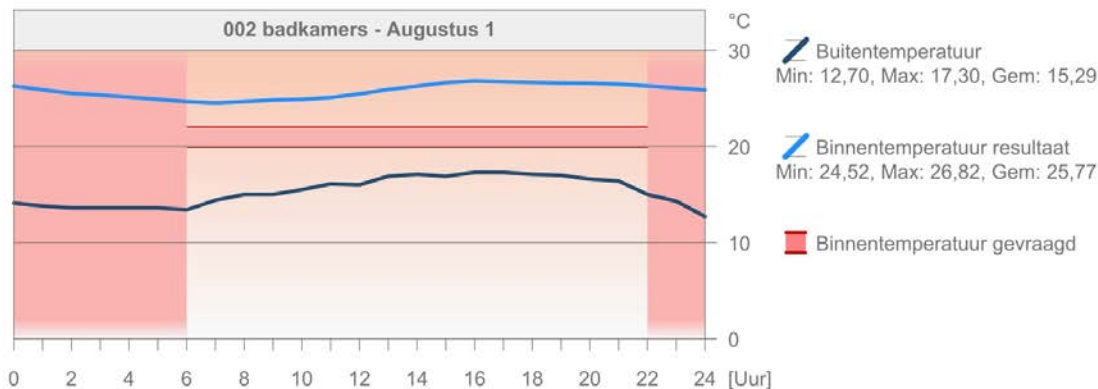
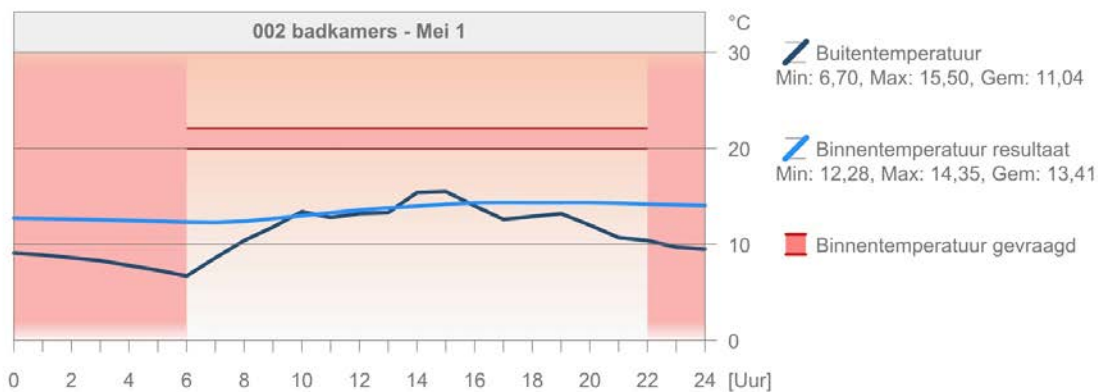
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

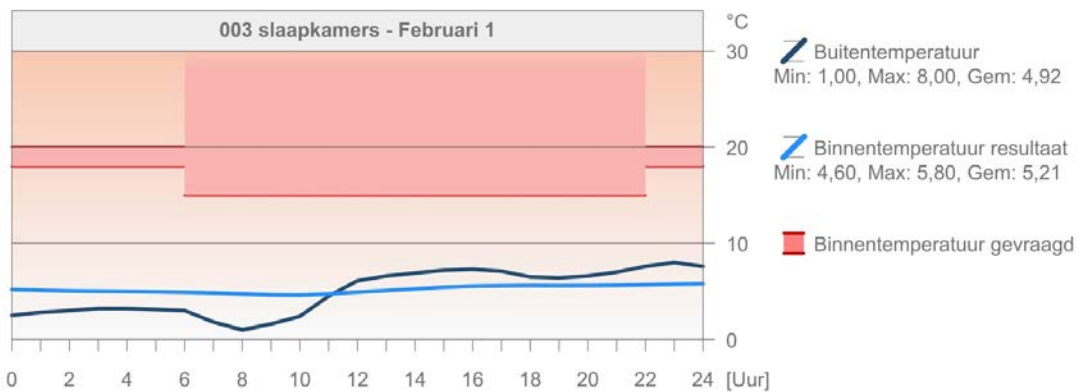
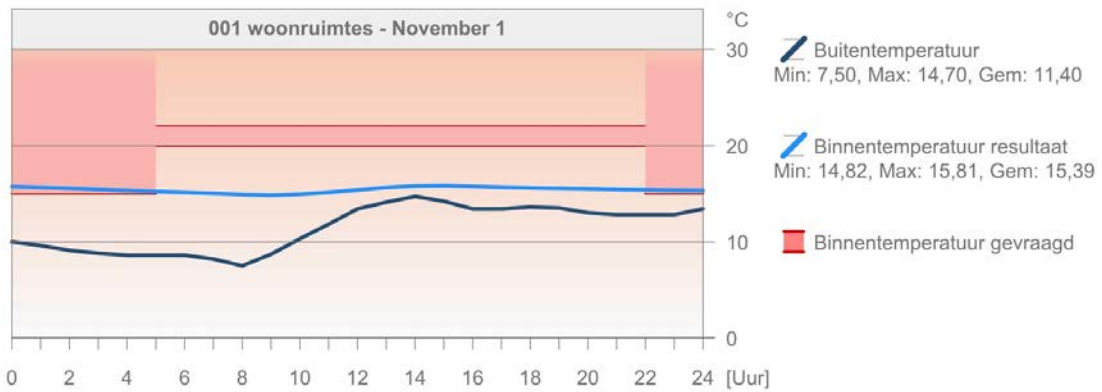
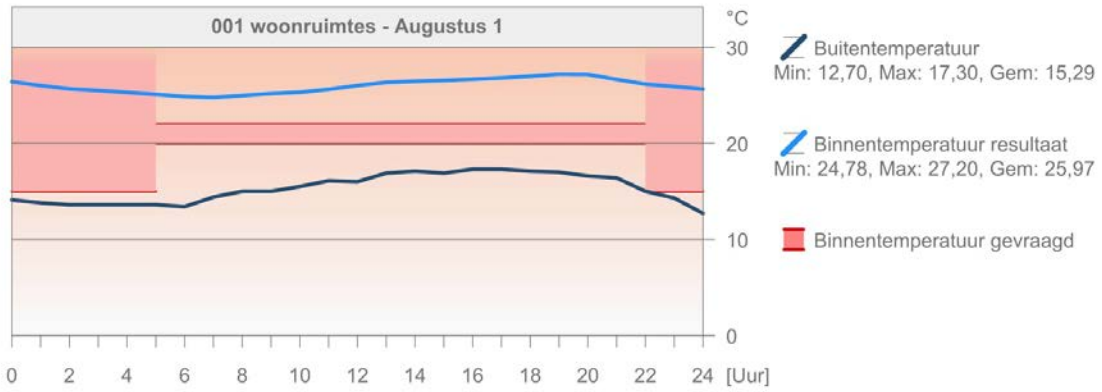
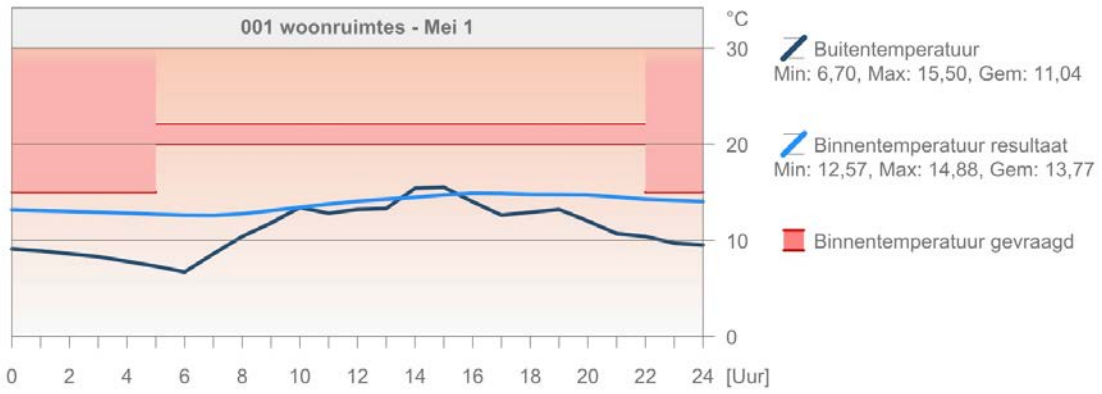
Onvervulde comforturen per jaar

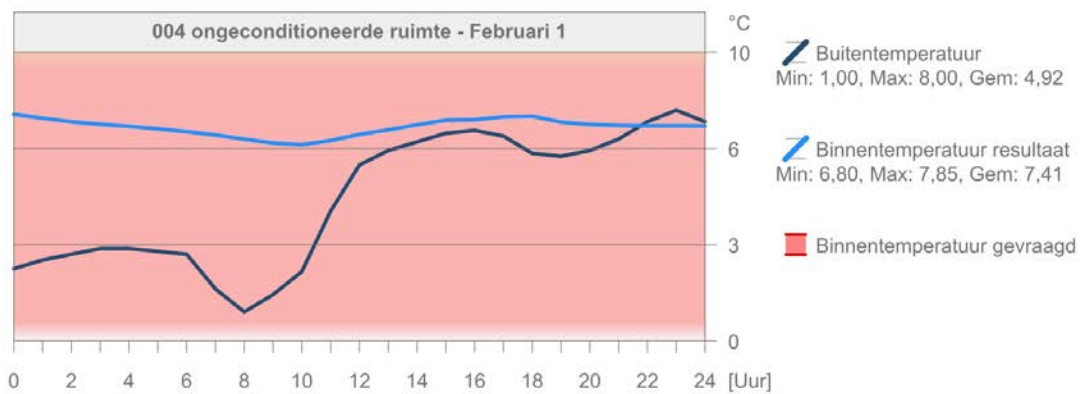
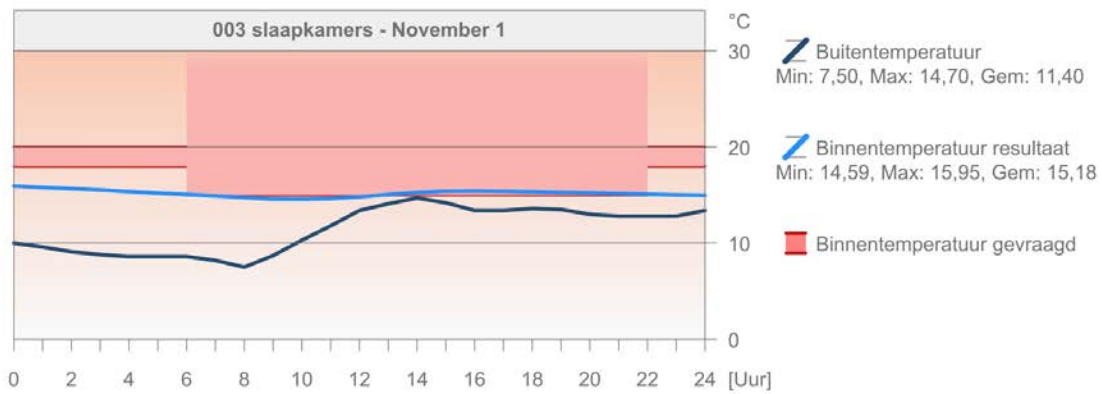
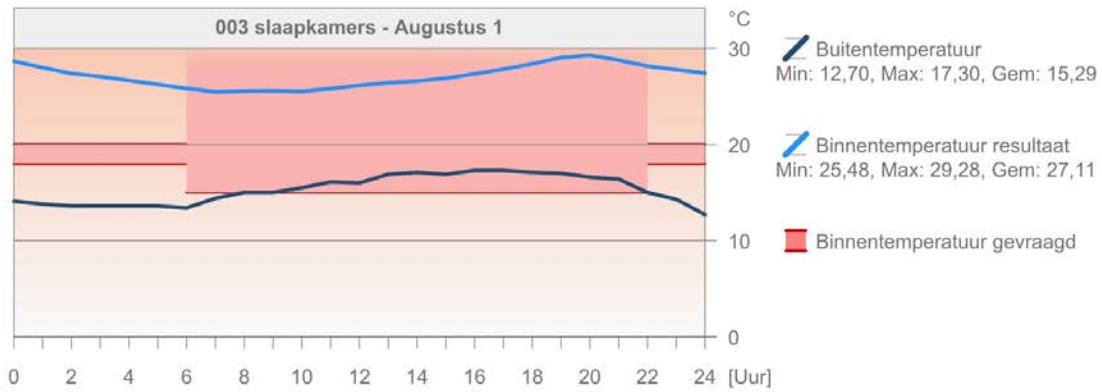
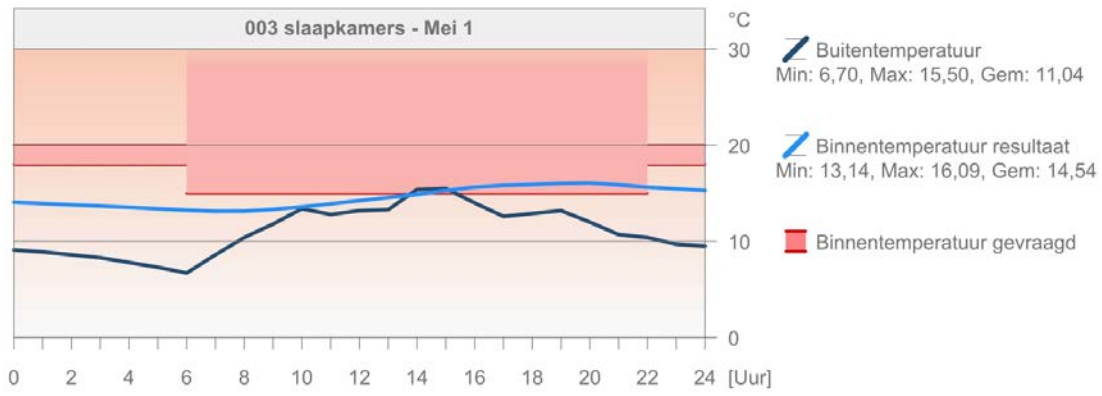
Verwarming: 5359 uur
Koeling: 2019 uur

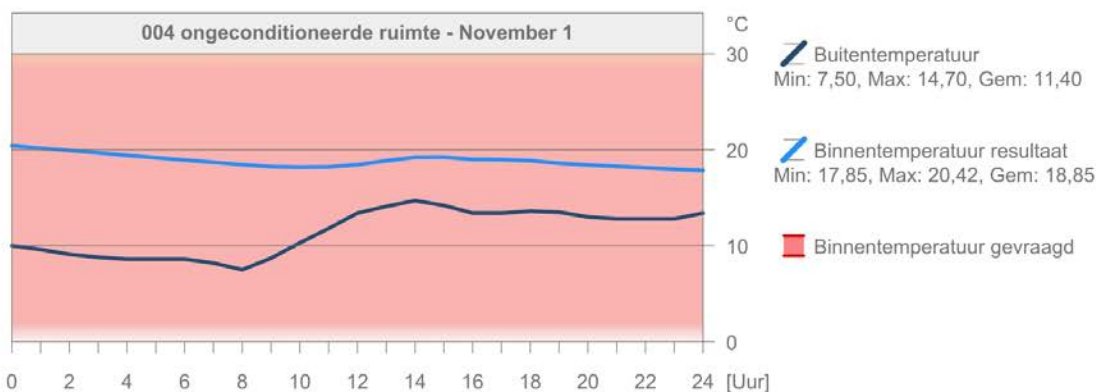
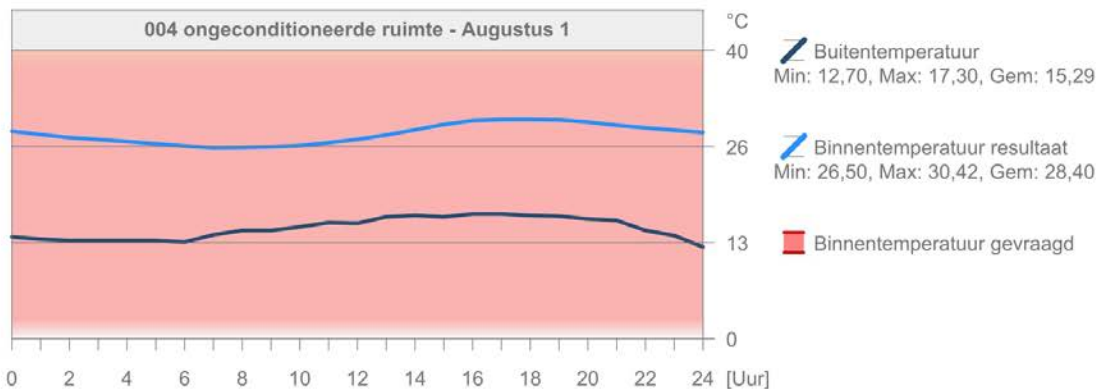
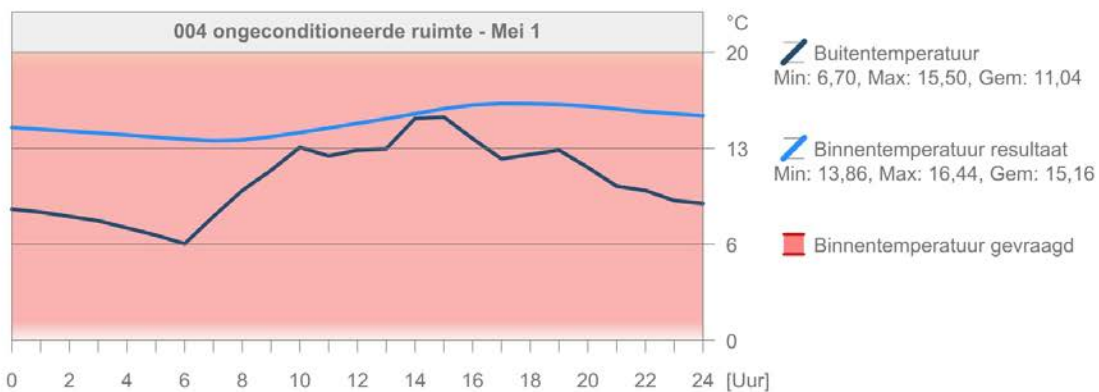
Temperatuurprofiel per dag





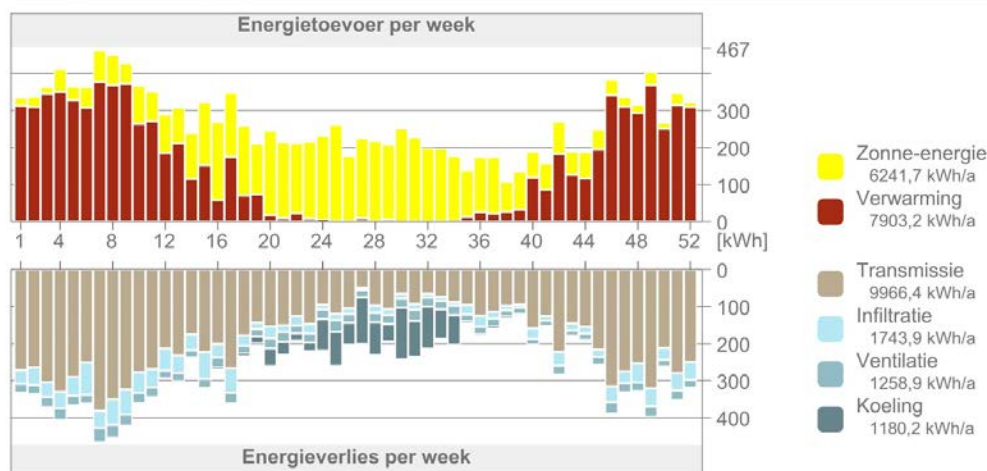






Bijlage 16: resultaten van de simulatie 3.8 voor de EHP woning die 90° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het westen gericht met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarming		Koeling		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	626	0.4 07:00 nov 15	16	0.2 15:00 juli 29	15.8 06:00 feb 17	22.7 24:00 juli 05
001 woonruimtes	5531	3.9 07:00 nov 15	665	2.9 19:00 juli 05	14.6 06:00 feb 17	23.3 24:00 juli 05
003 slaapkamers	1744	1.9 23:00 feb 20	498	3.4 23:00 juli 05	14.6 09:00 feb 17	30.8 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	8.5 10:00 dec 03	30.5 19:00 juli 29
Alle klimaatzones:	7903	4.5 07:00 nov 15	1180	3.4 23:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6666 uur
Koeling: 1640 uur

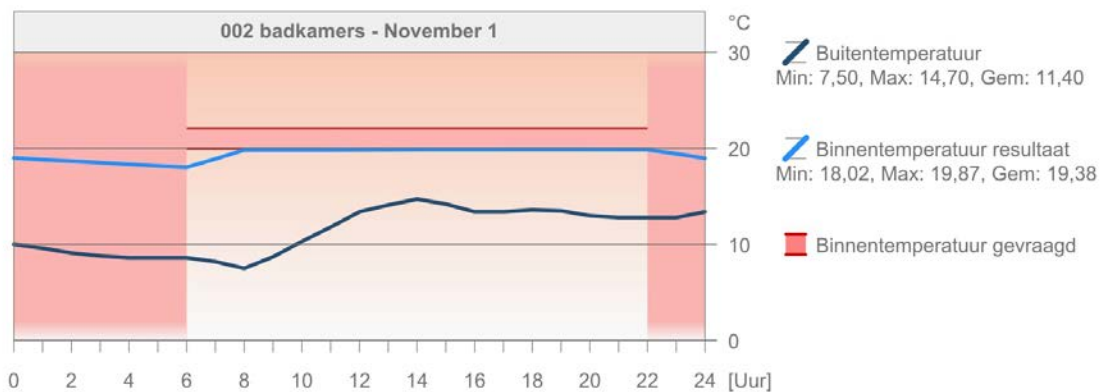
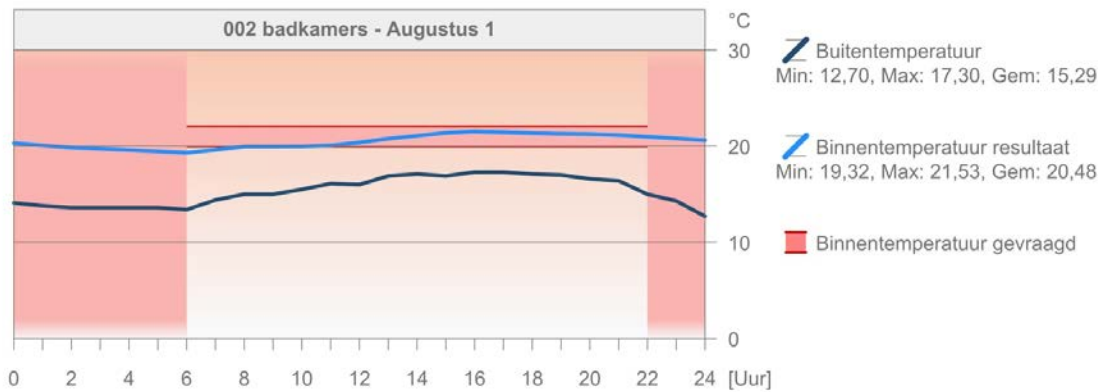
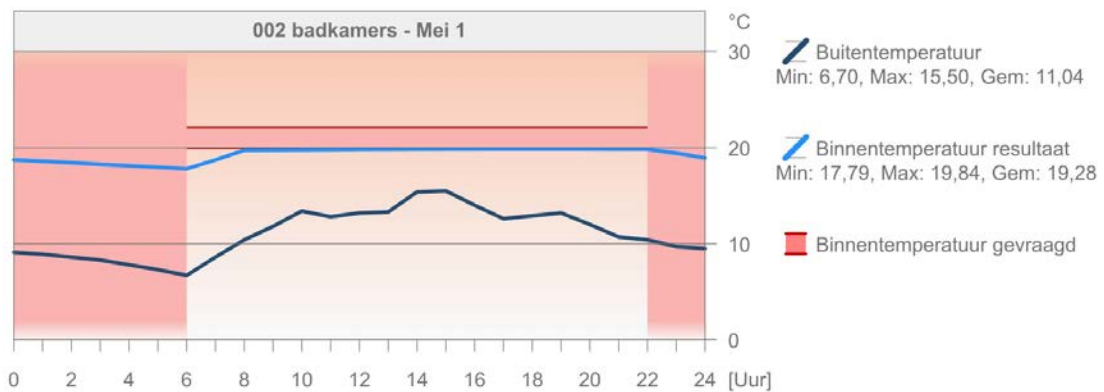
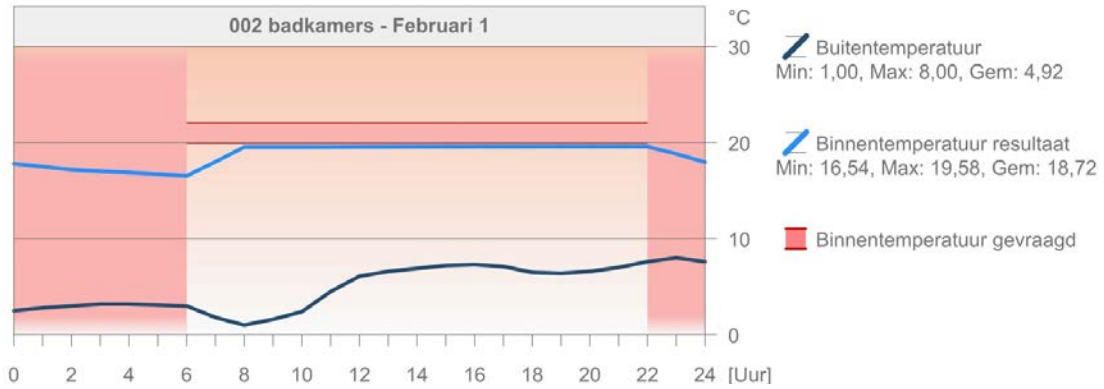
Onvervulde comforturen per jaar

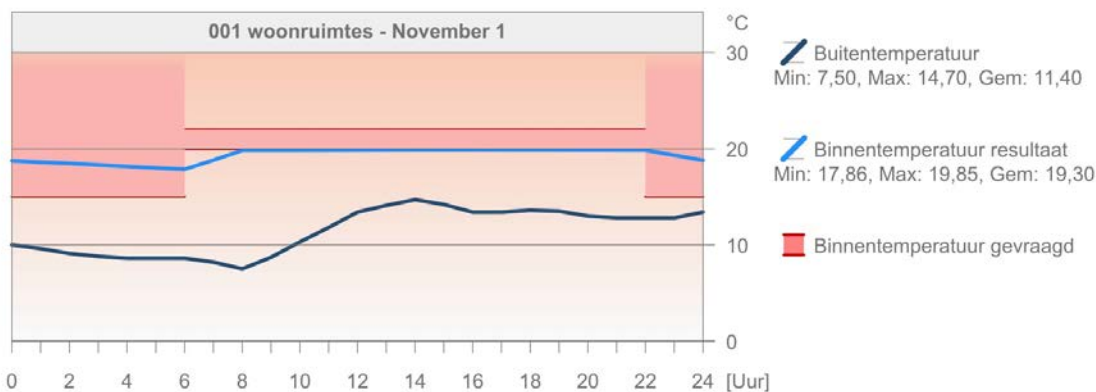
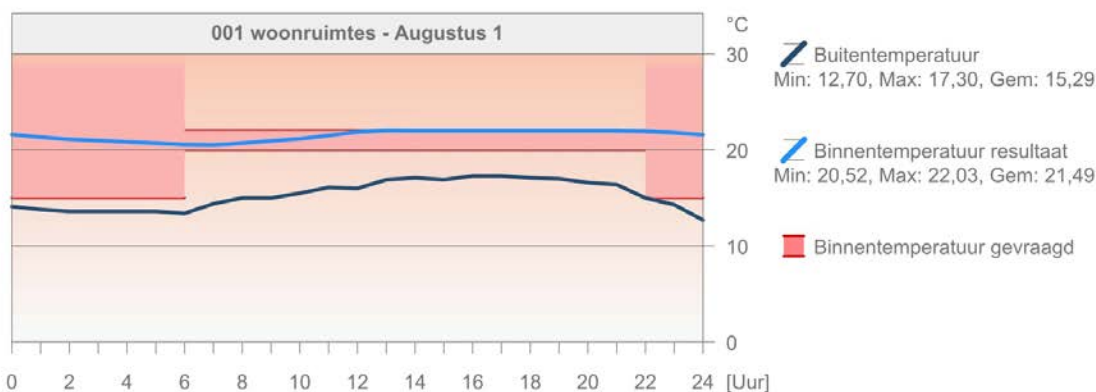
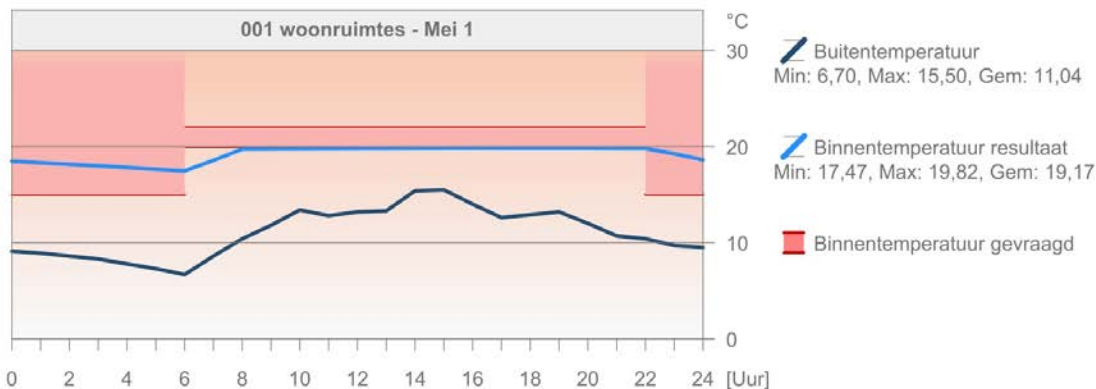
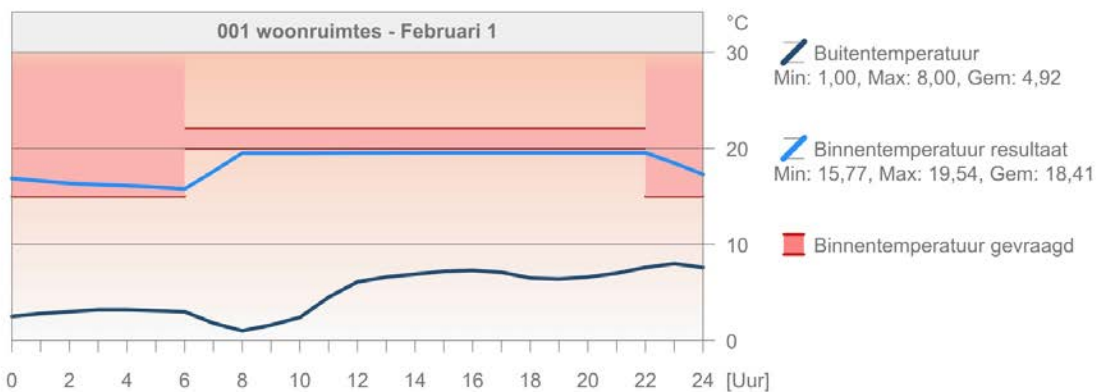
Verwarming: 358 uur
Koeling: 89 uur

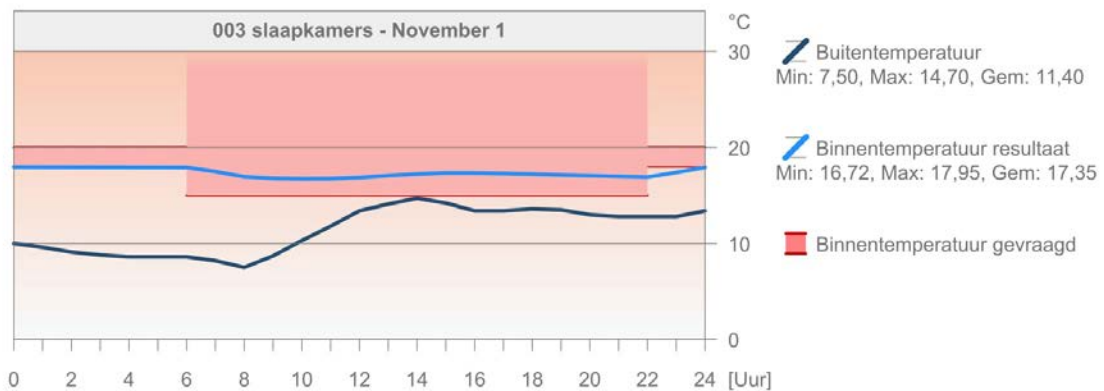
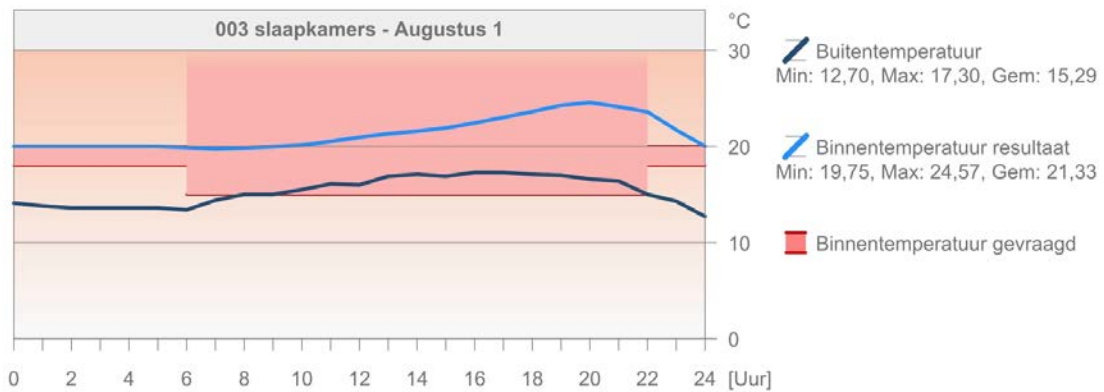
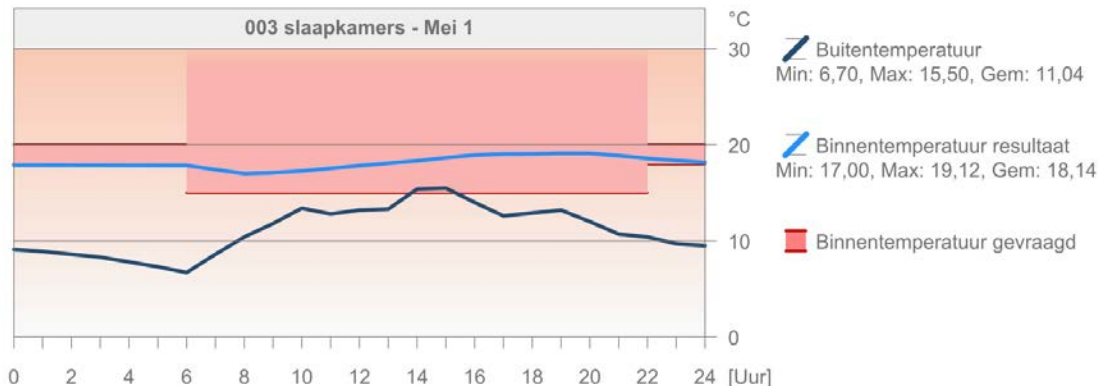
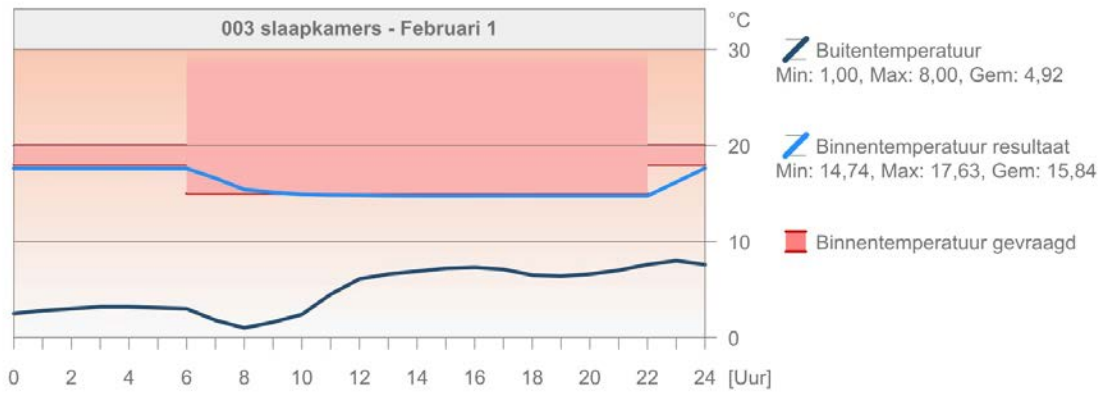
Energieverbruik per voorziening

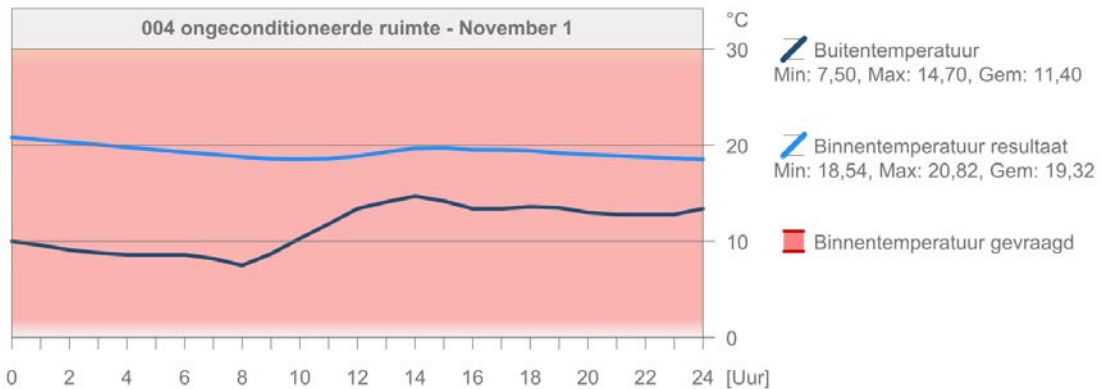
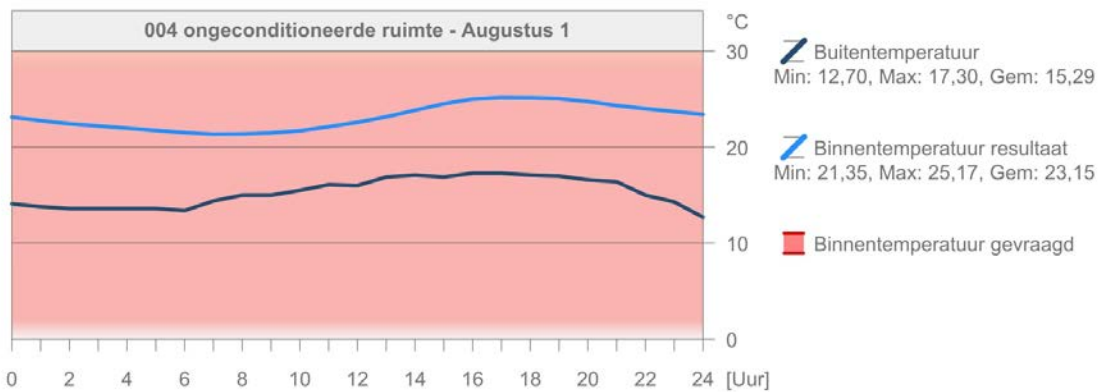
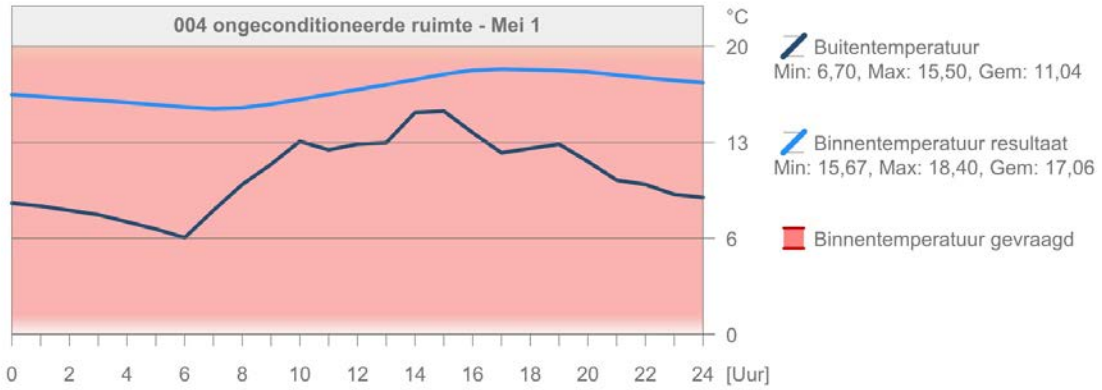
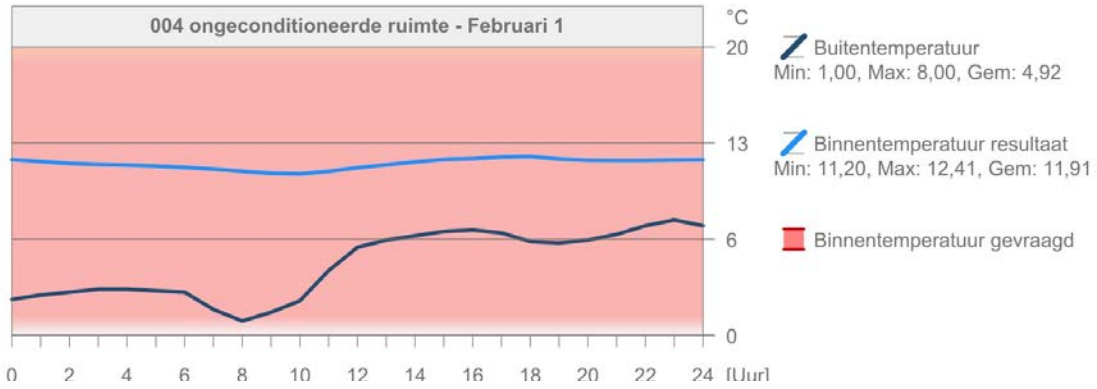
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	7903	8966	489	1707
Koeling	1180	2341	49	62
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	9239	11775	565	1803

Temperatuurprofiel per dag



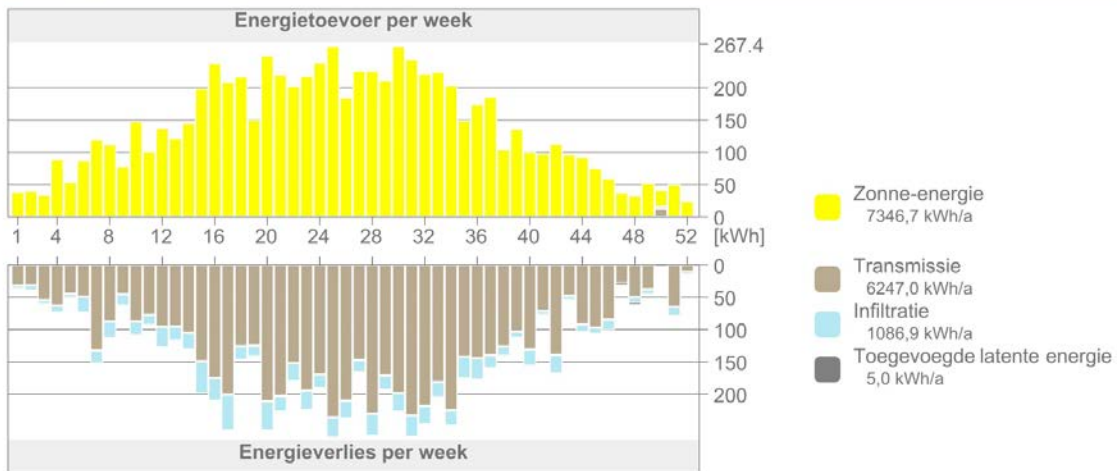






Bijlage 17: resultaten van de simulatie 3.9 voor de EHP woning die 180 °gedraaid is, de achterkant van de woning naar het noorden gericht zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarming		Koeling		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	3.4 09:00 feb 20	27.3 19:00 juli 29
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	4.6 09:00 feb 17	31.4 19:00 juli 29
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	3.2 11:00 dec 03	36.5 19:00 juli 29
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	3.9 09:00 feb 20	31.1 20:00 juli 29
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

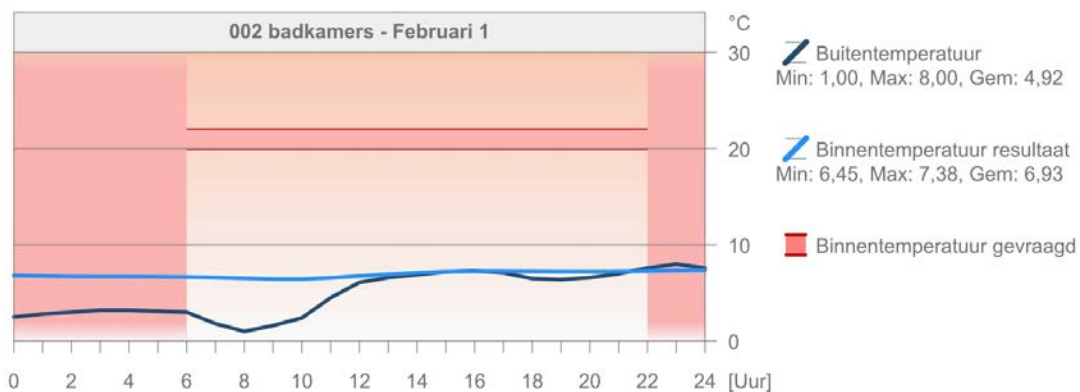
Aantal gebruiksuren per jaar:

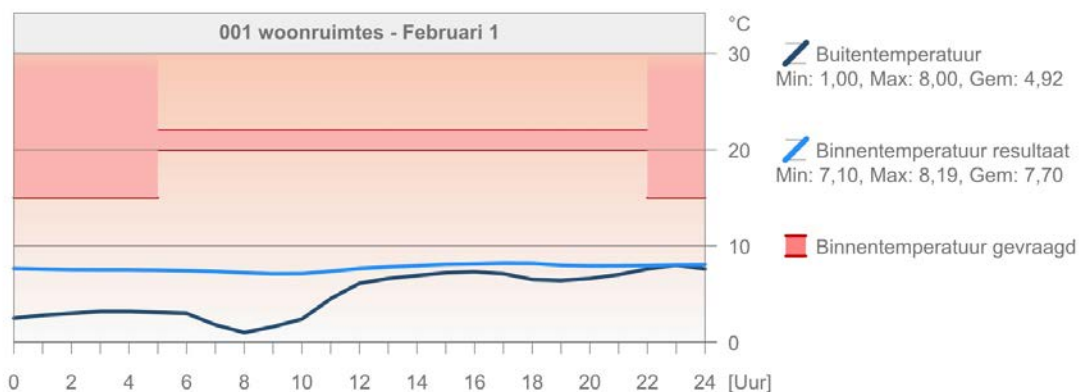
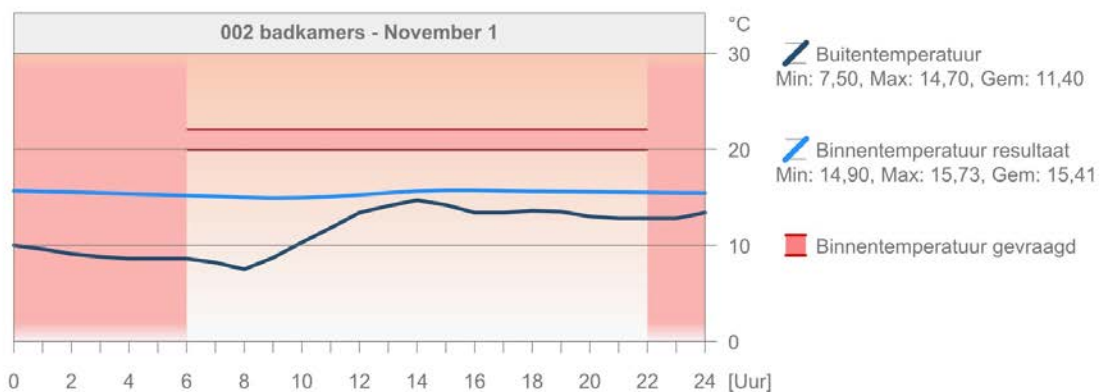
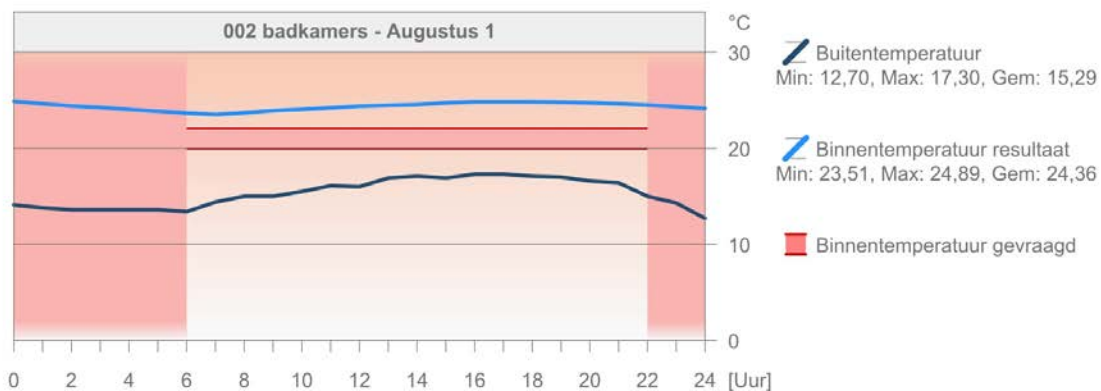
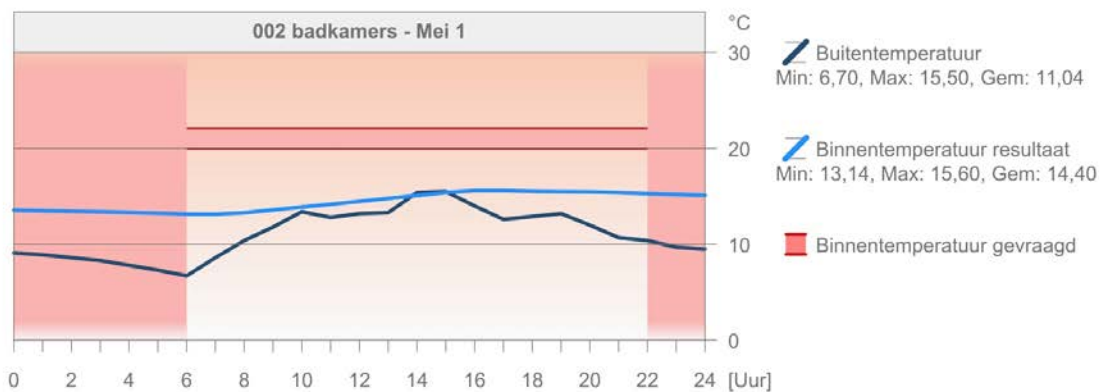
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

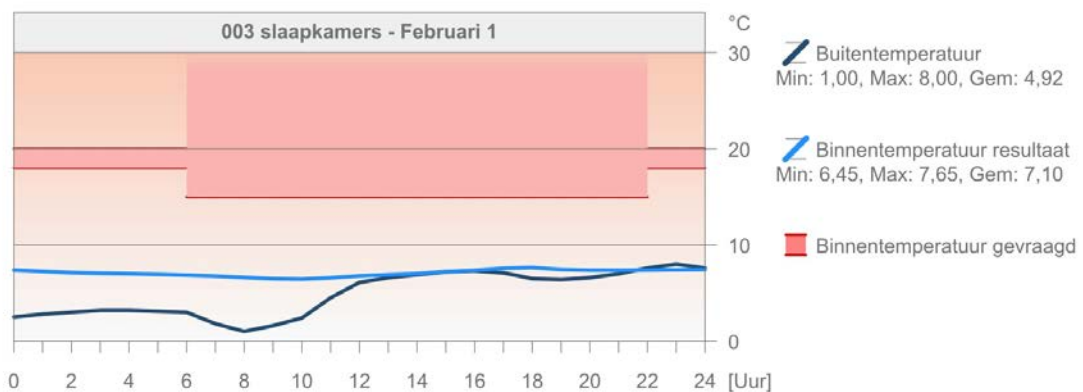
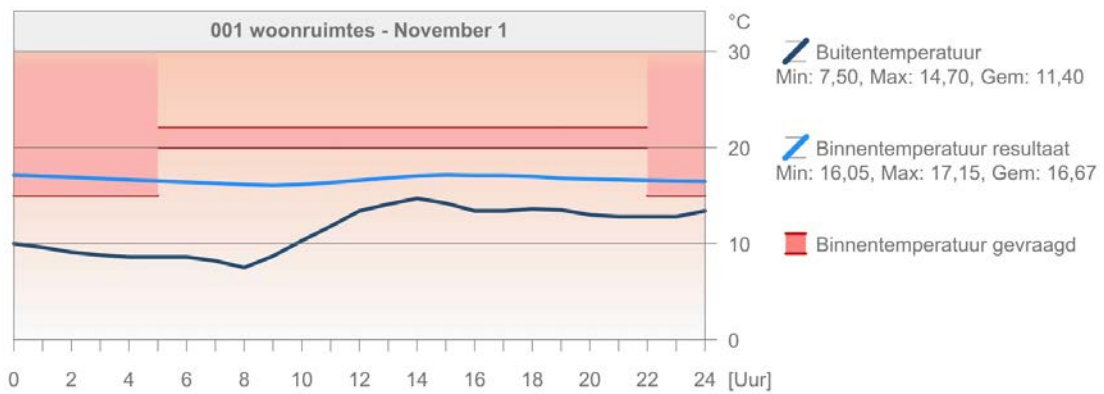
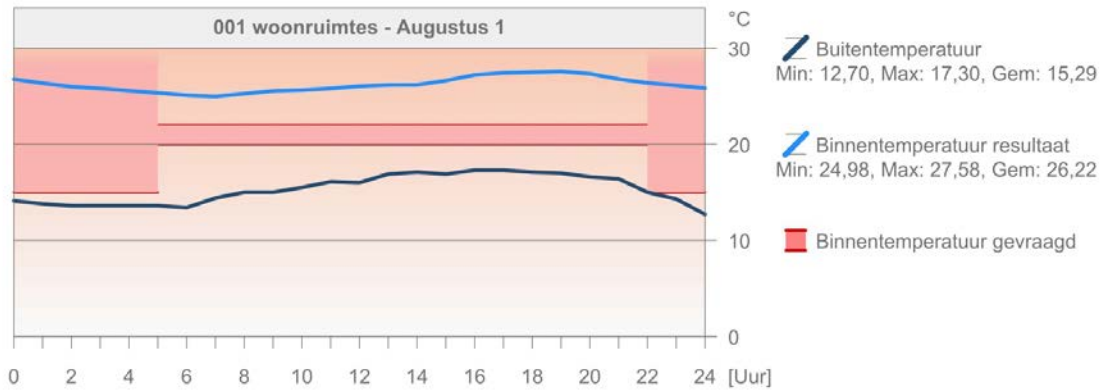
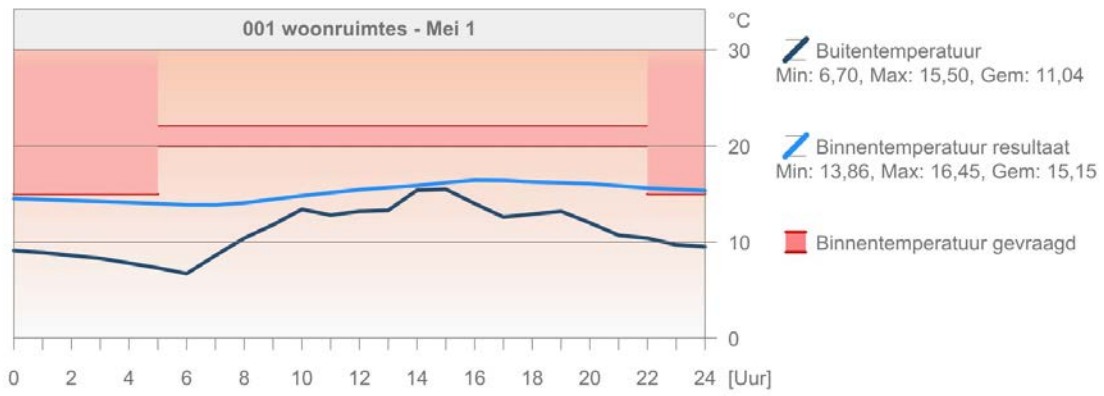
Onvervulde comforturen per jaar

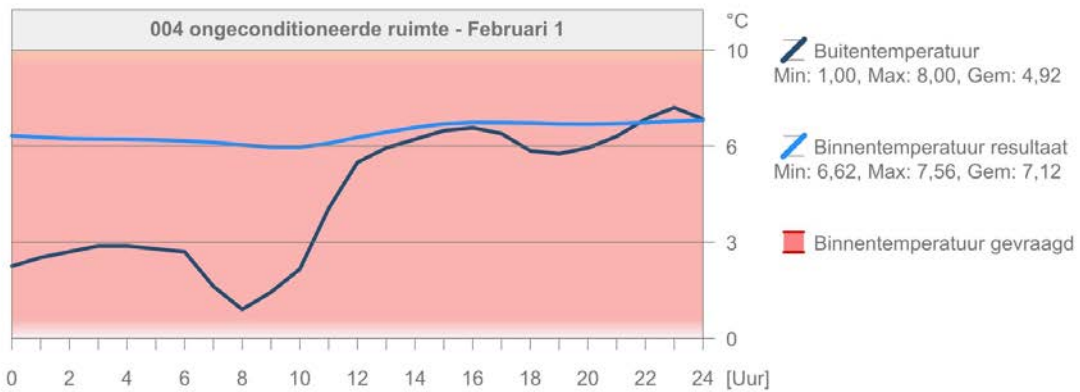
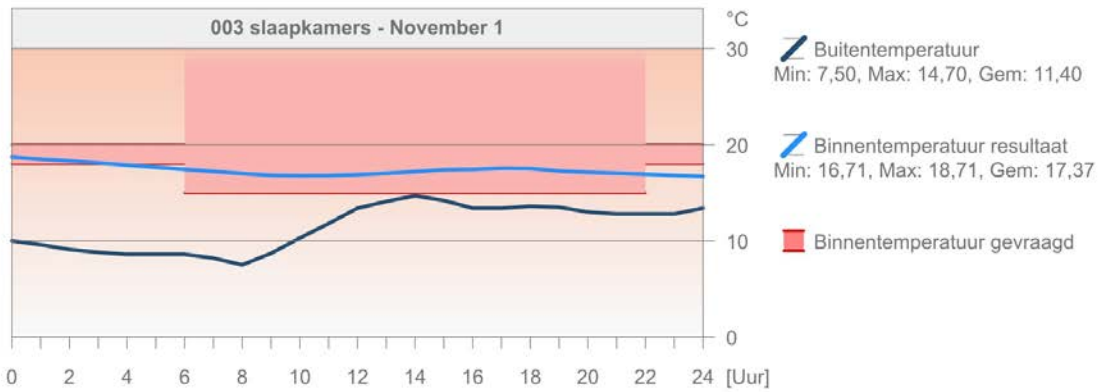
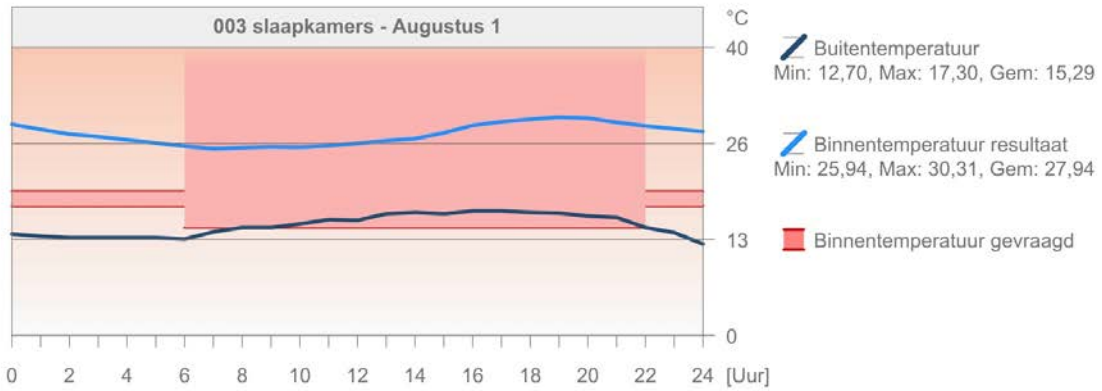
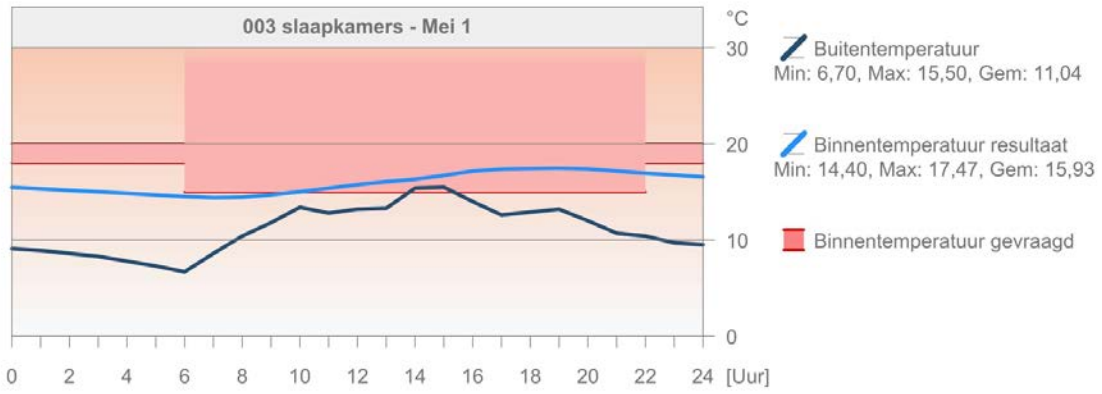
Verwarming: 5250 uur
Koeling: 2316 uur

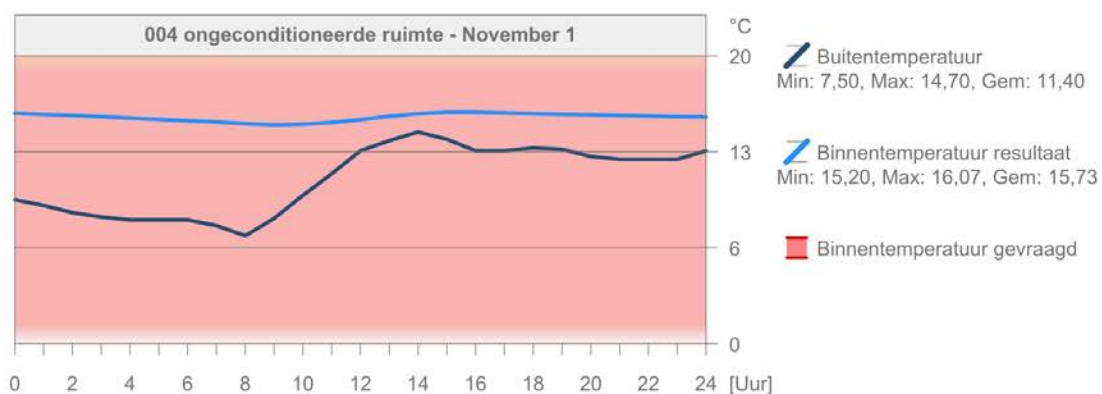
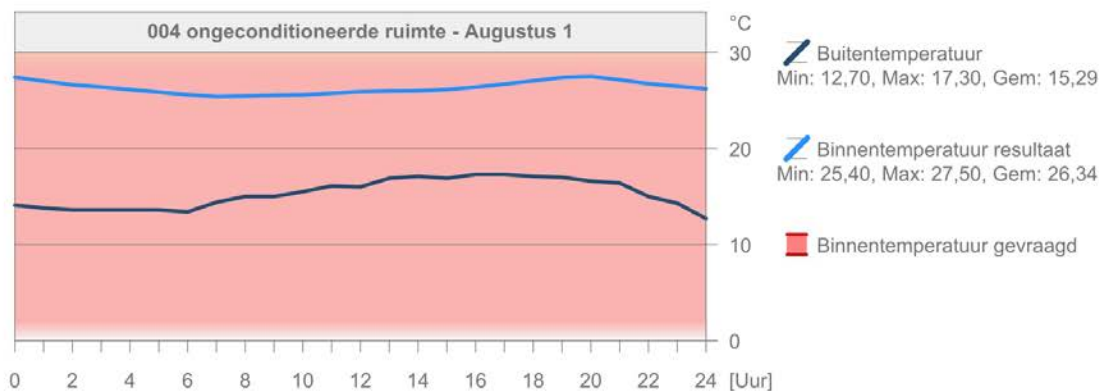
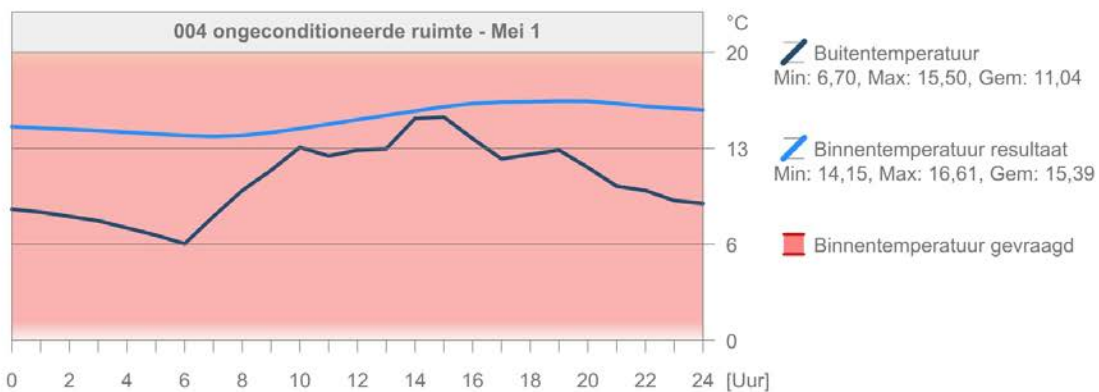
Temperatuurprofiel per dag





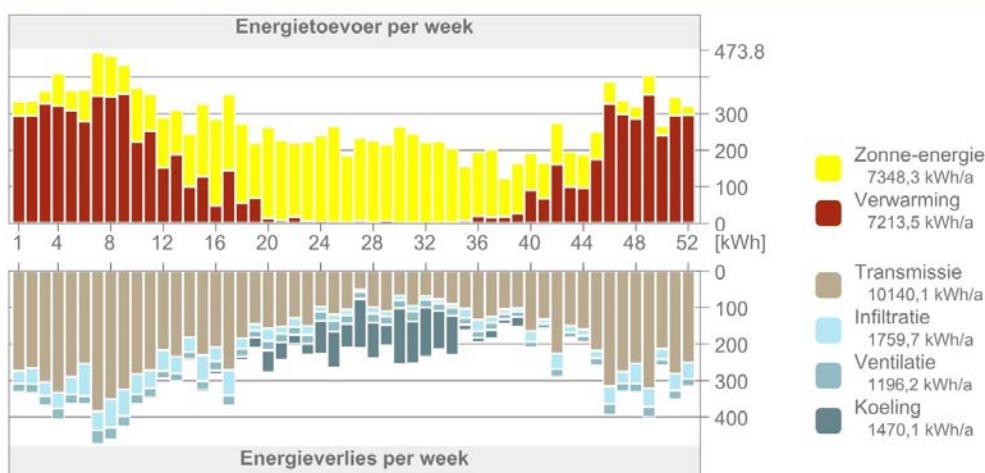






Bijlage 18: resultaten van de simulatie 3.9 voor de EHP woning die 180 °gedraaid is, de achterkant van de woning naar het noorden gericht met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarming		Koel		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	662	0.5 07:00 feb 20	8	0.2 16:00 juli 05	15.5 06:00 feb 20	22.5 24:00 juli 05
001 woonruimtes	5068	3.9 07:00 nov 15	836	3.1 18:00 juli 29	14.7 06:00 feb 17	23.3 24:00 juli 05
003 slaapkamers	1482	1.8 23:00 dec 02	625	3.5 23:00 juli 05	14.6 10:00 dec 03	30.6 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	7.5 09:00 feb 20	28.7 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	7213	4.5 07:00 nov 15	1470	3.5 23:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6823 uur
Koeling: 1899 uur

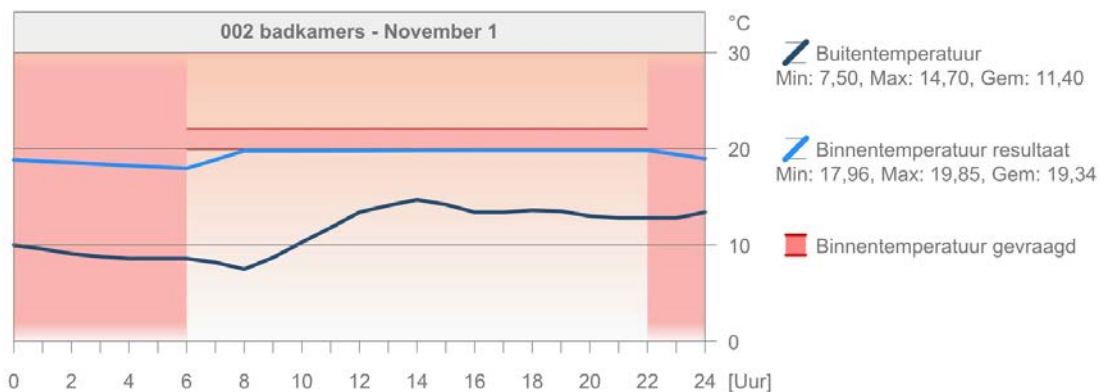
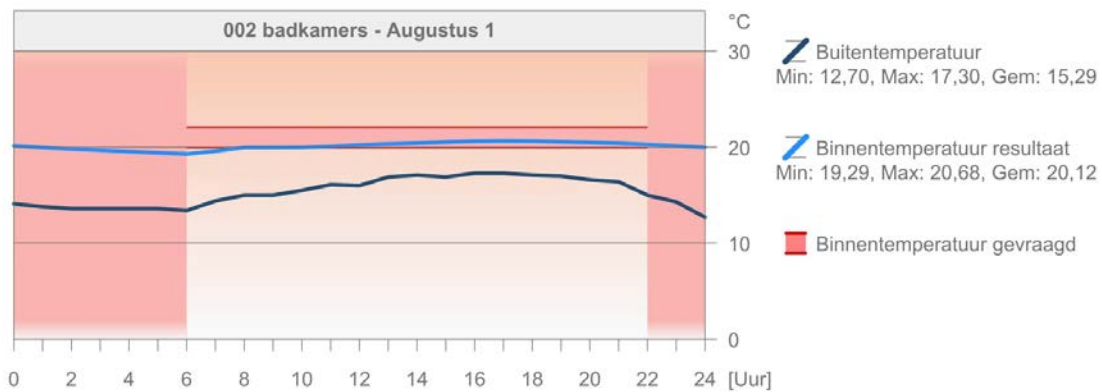
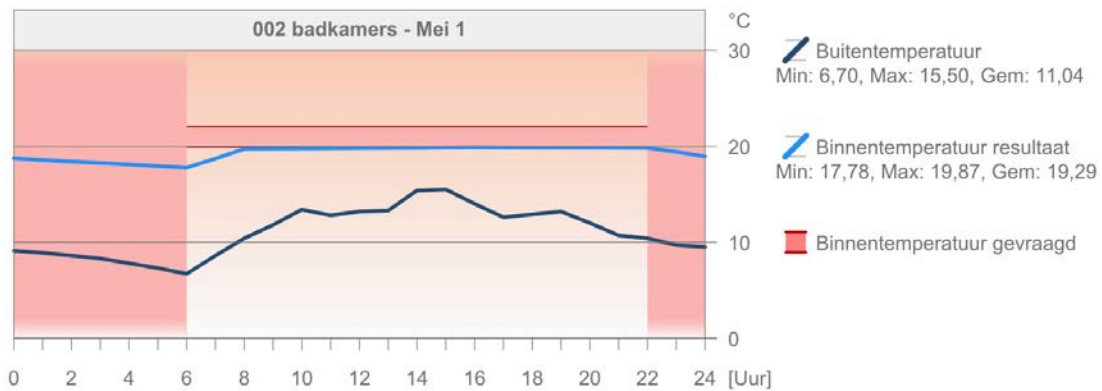
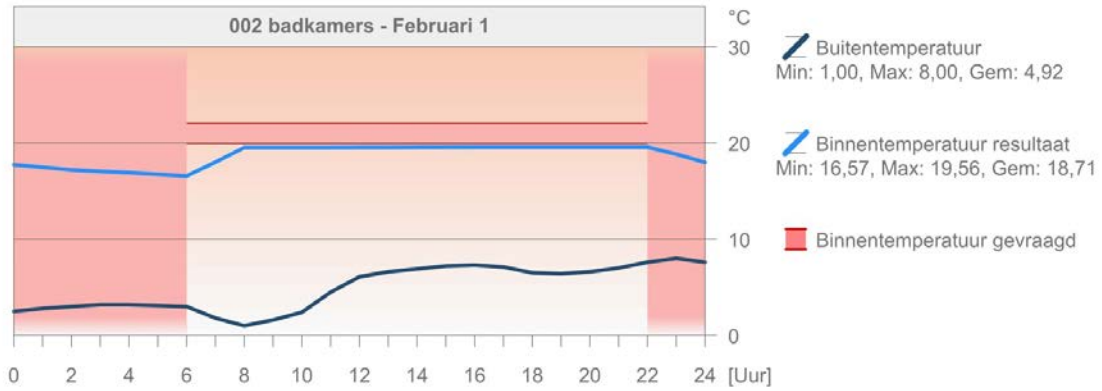
Onvervulde comforturen per jaar

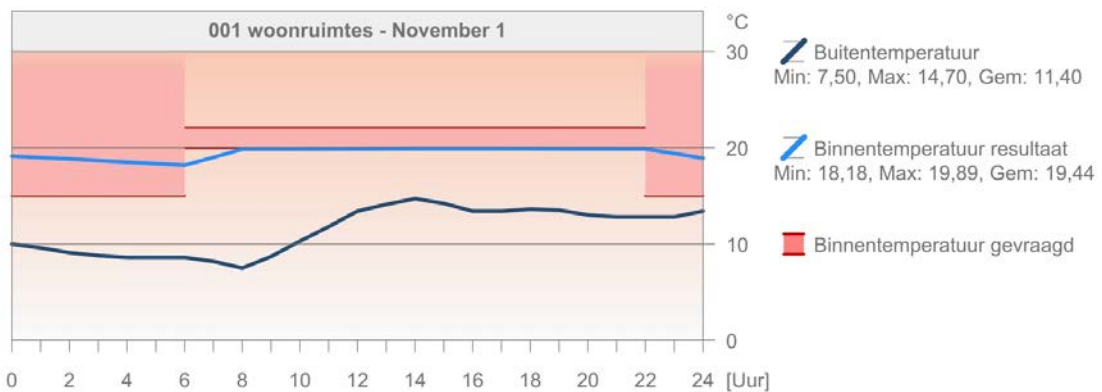
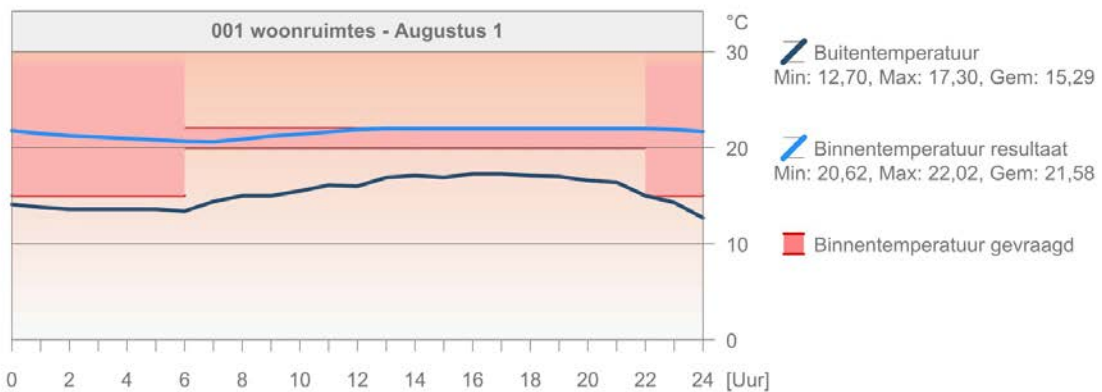
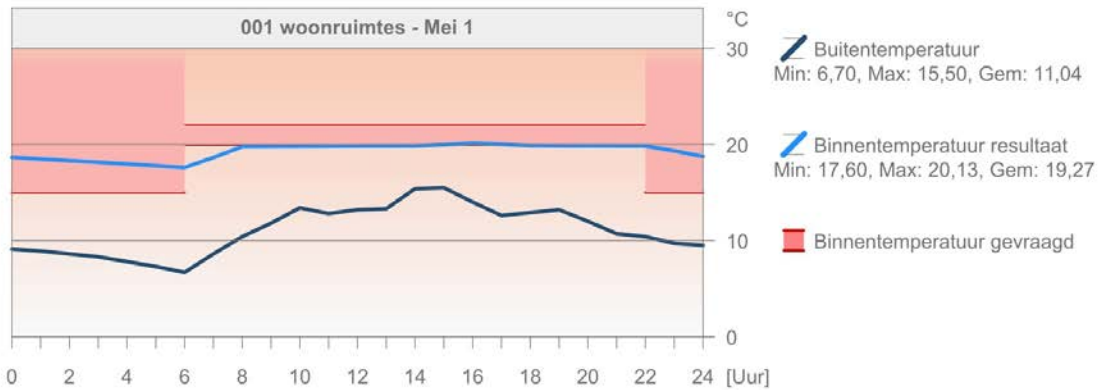
Verwarming: 347 uur
Koeling: 102 uur

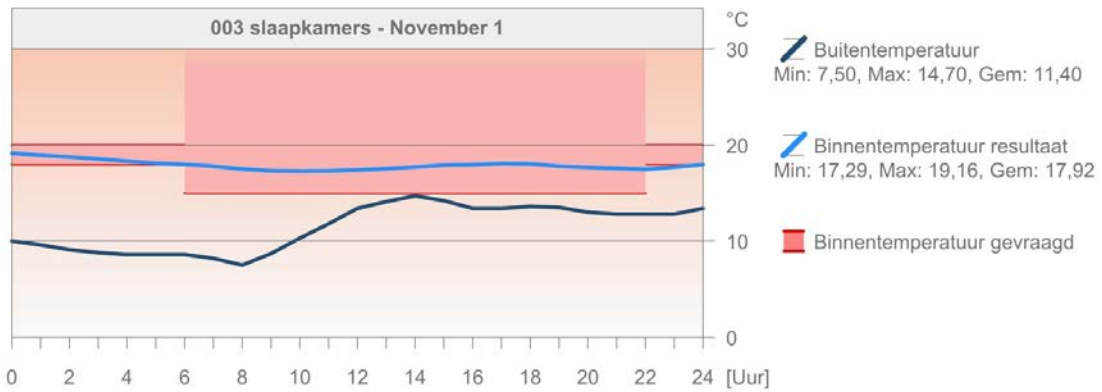
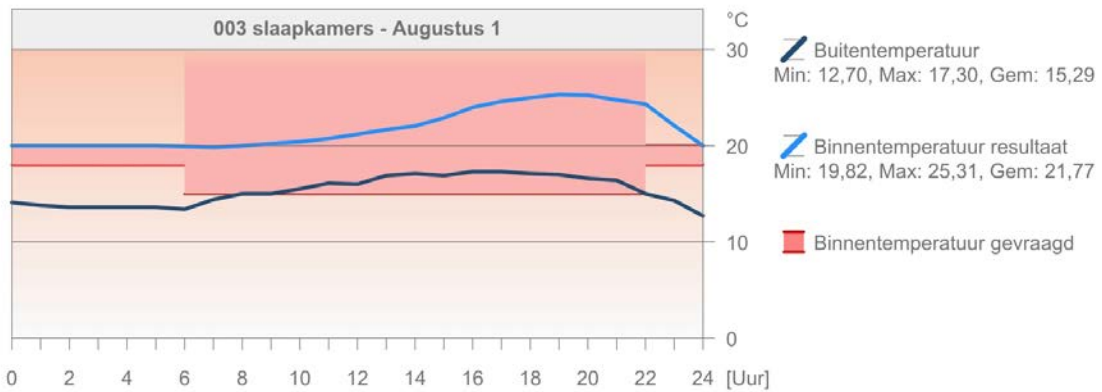
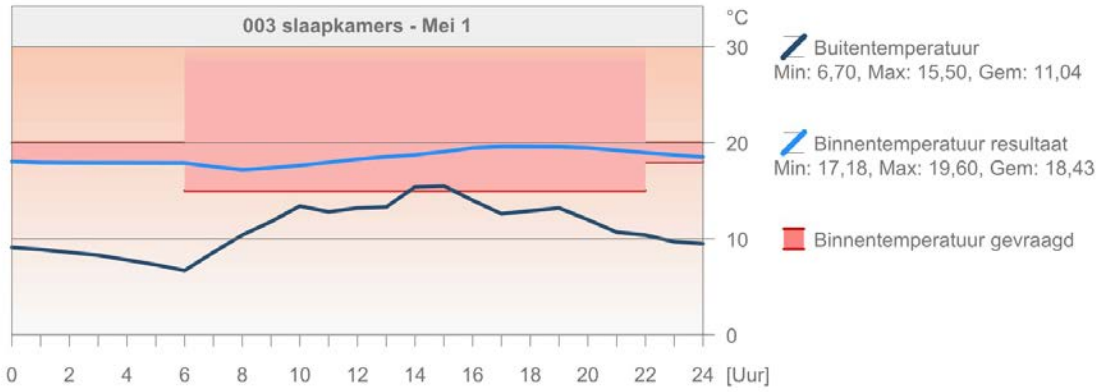
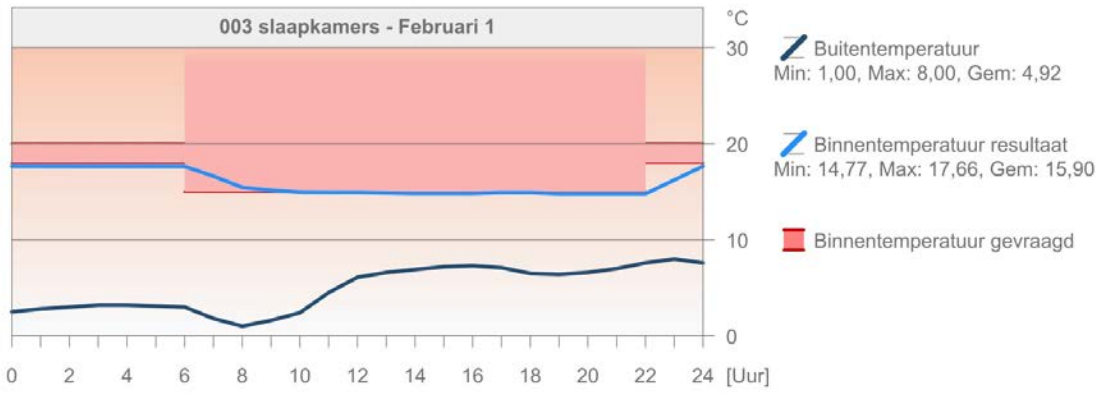
Energieverbruik per voorziening

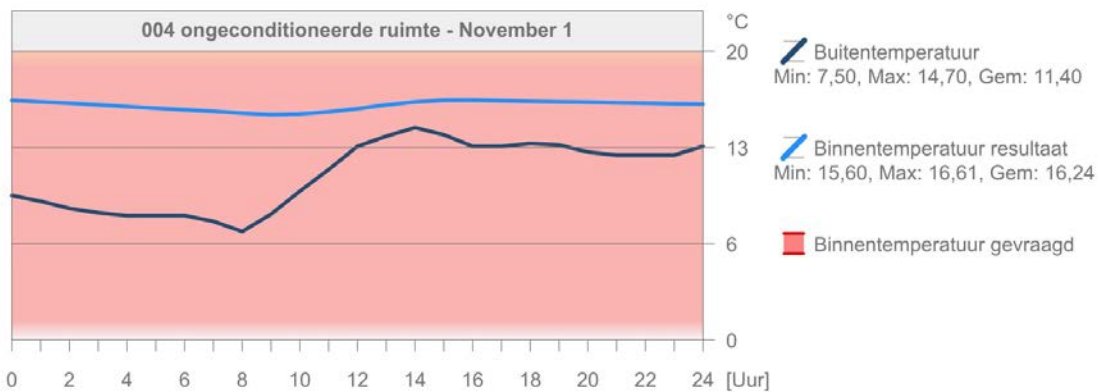
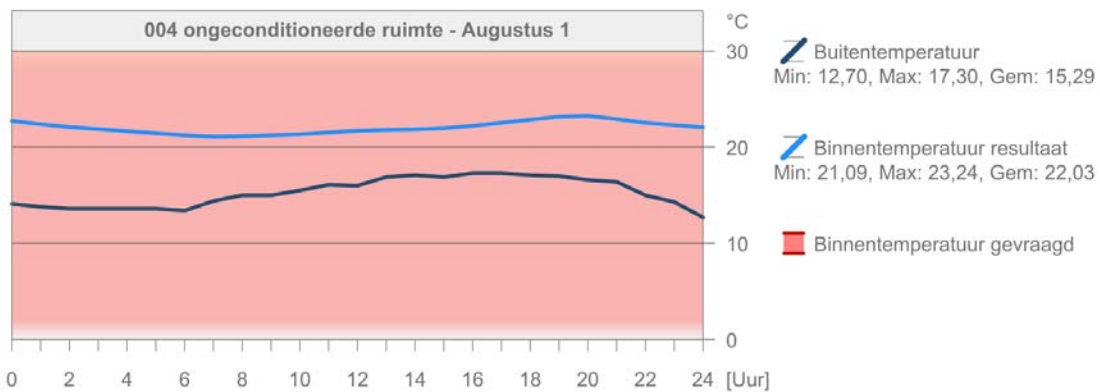
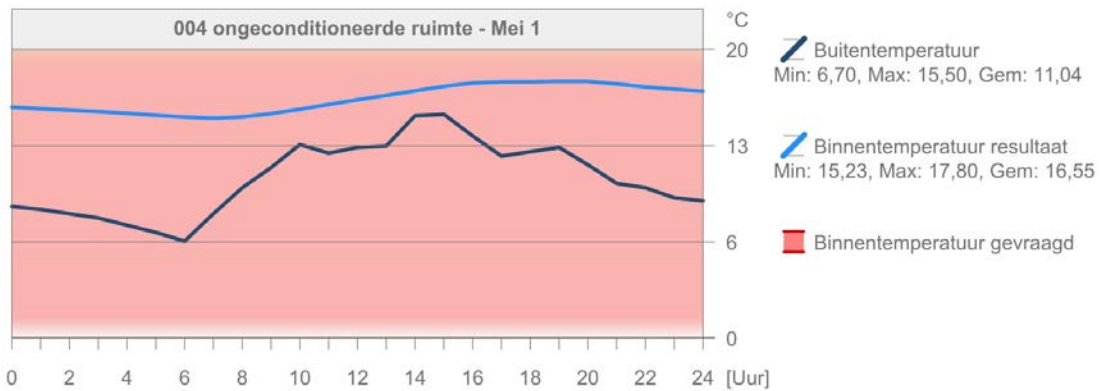
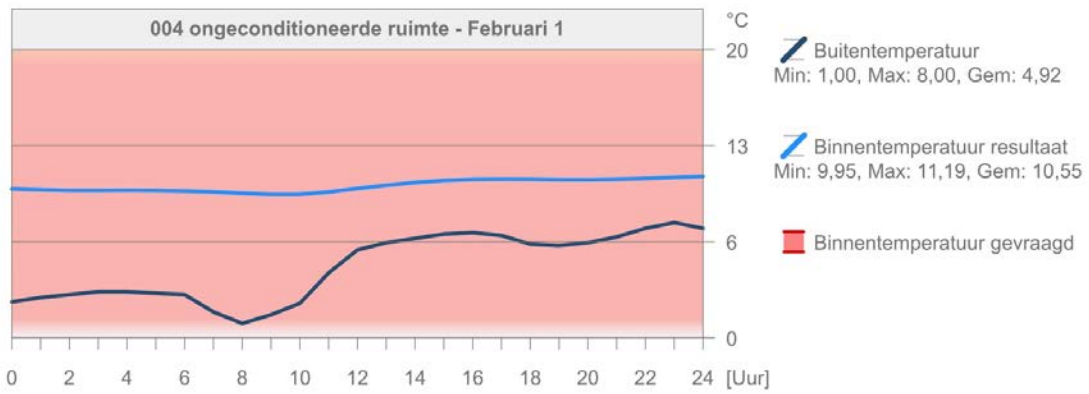
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	7213	8182	447	1558
Koeling	1470	2867	59	75
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	8839	11517	533	1667

Temperatuurprofiel per dag



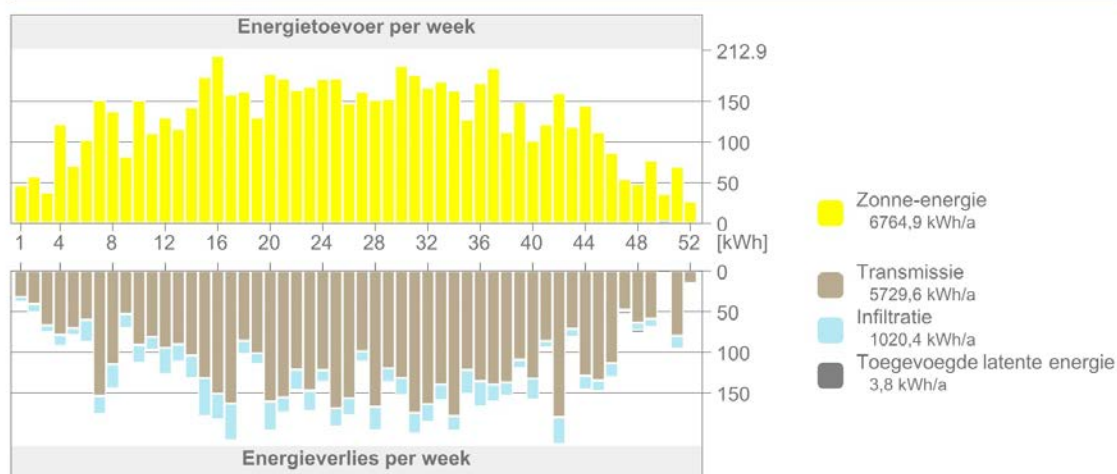






Bijlage 19: resultaten van de simulatie 3.10 voor de EHP woning die 270° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het oosten gericht zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingsvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	4.6	28.2
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	5.2	28.1
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	3.2	30.6
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	5.6	32.1
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

Aantal gebruiksuren per jaar:

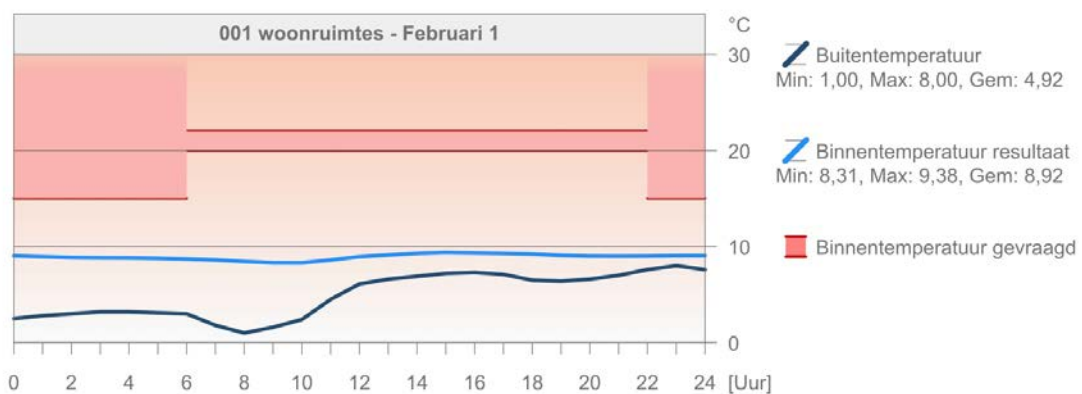
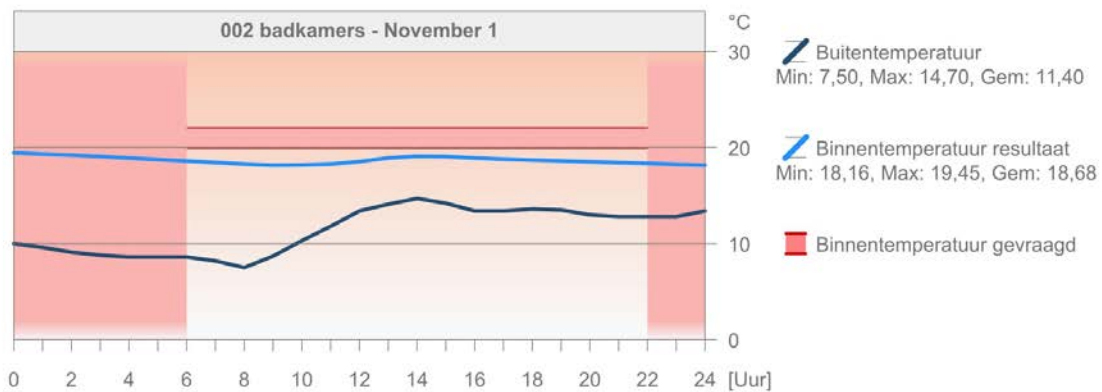
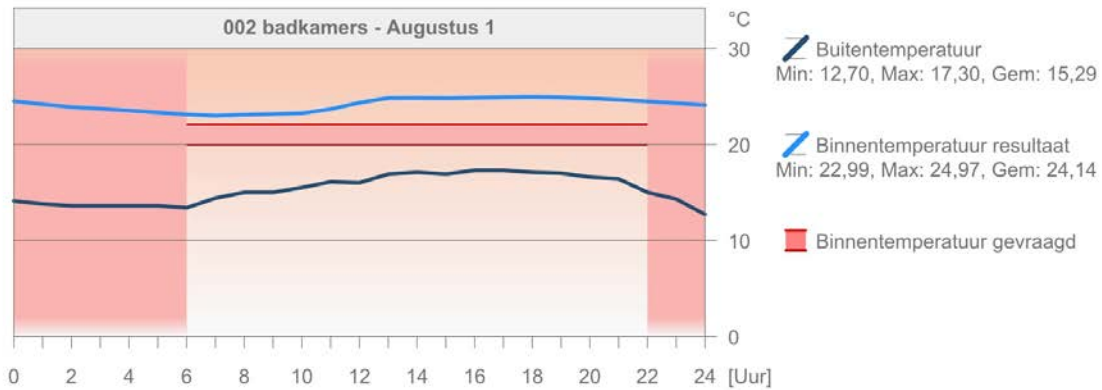
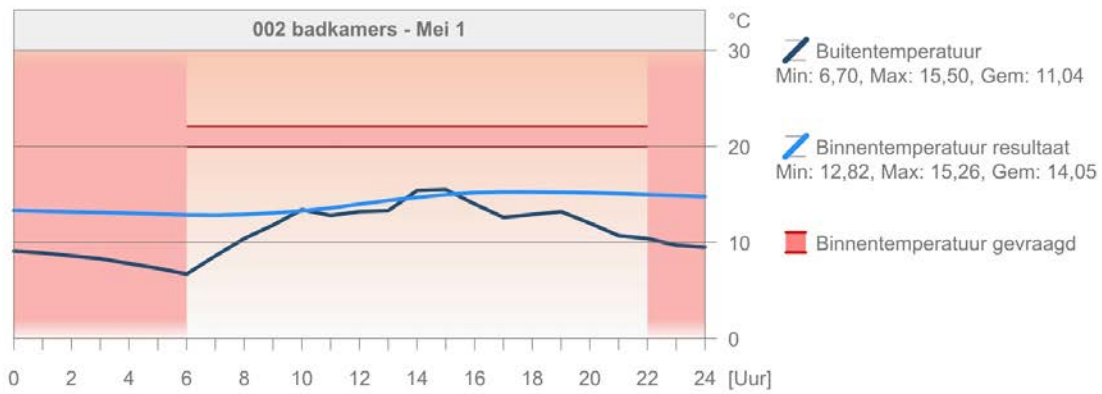
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

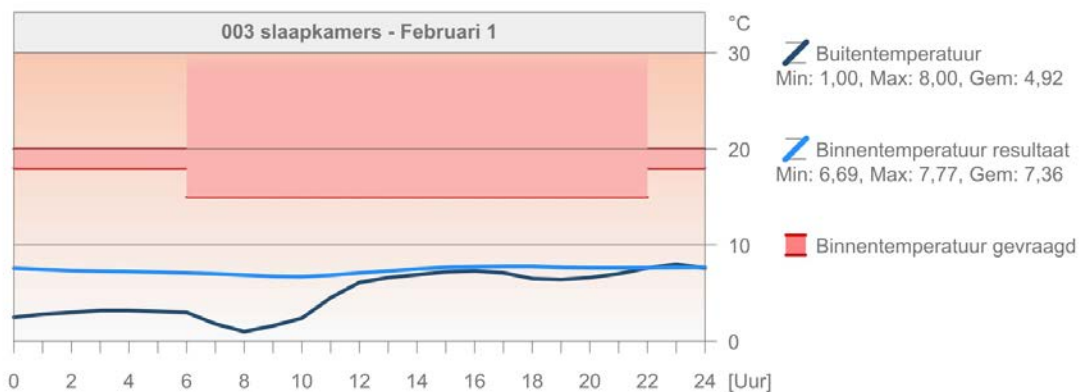
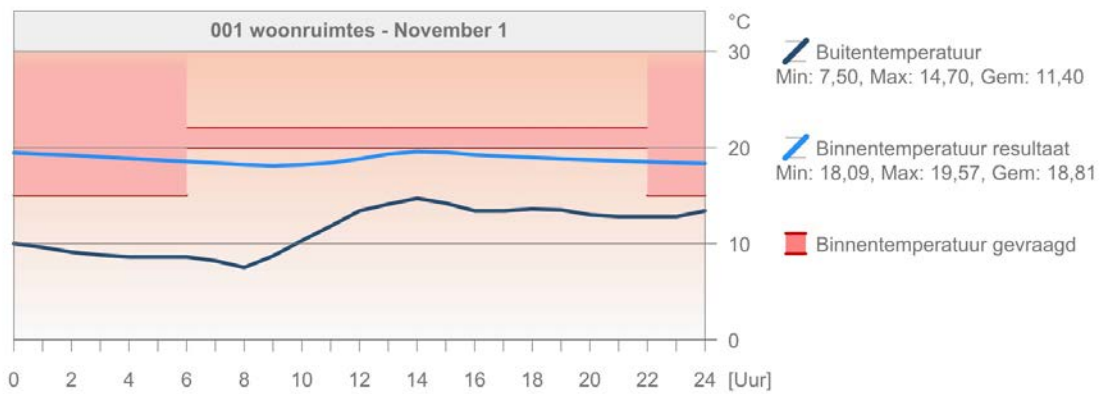
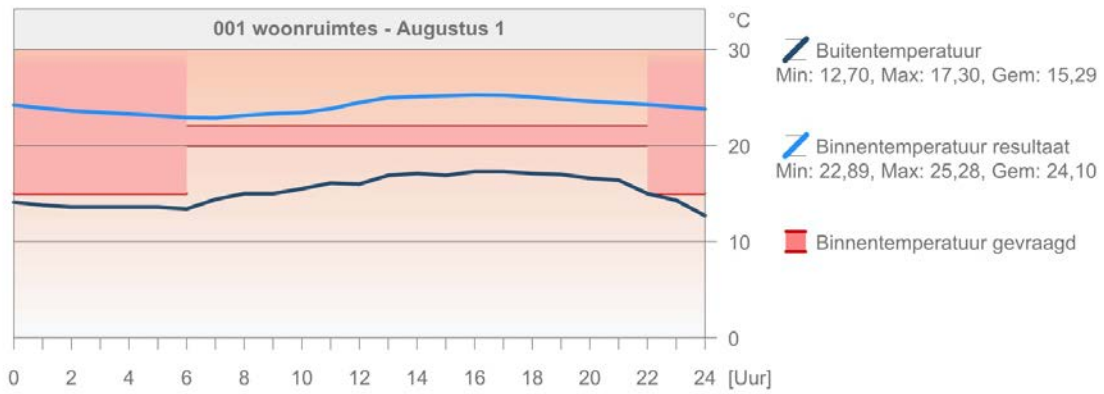
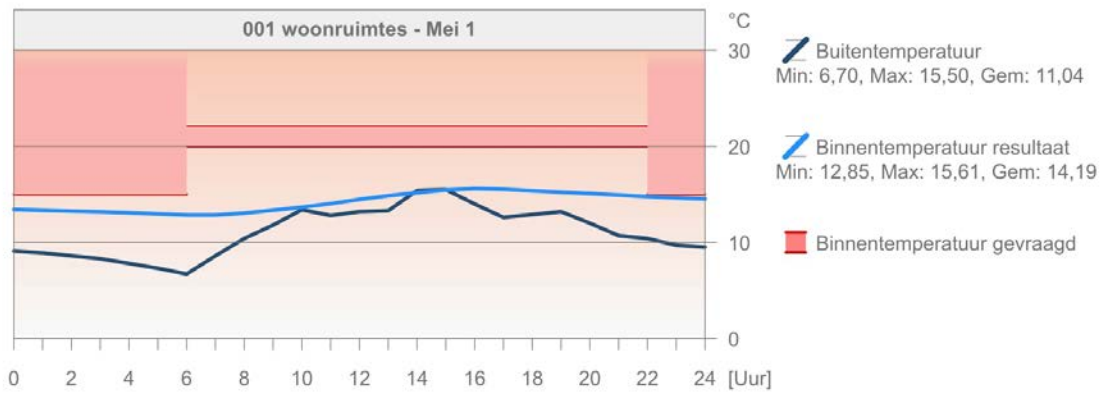
Onvervulde comforturen per jaar

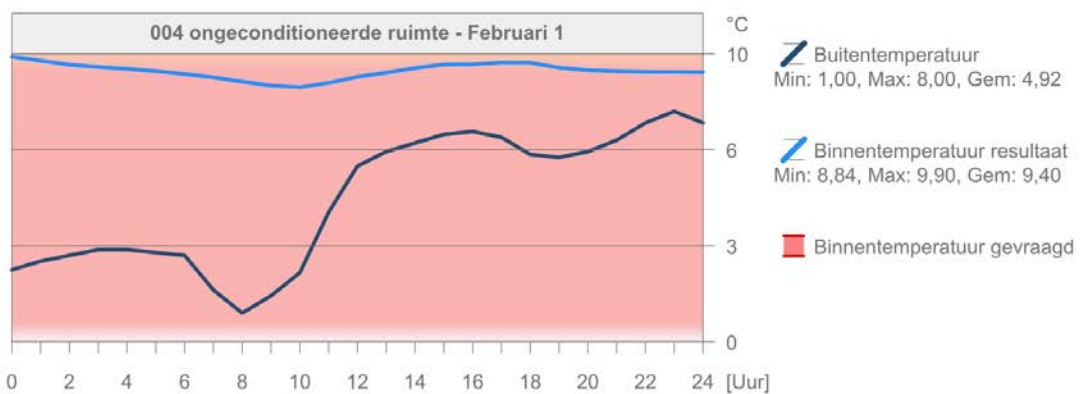
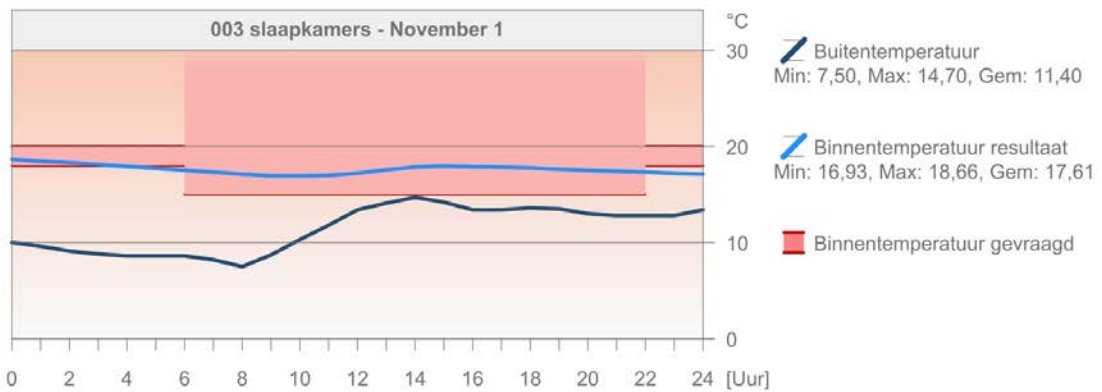
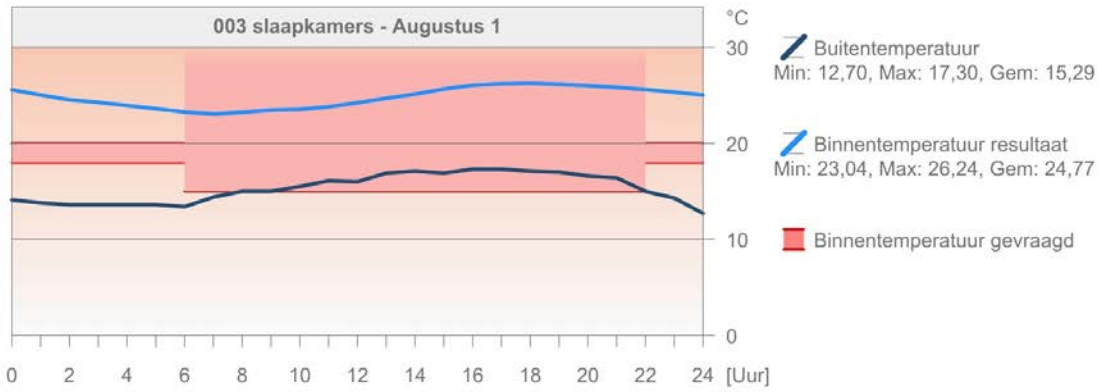
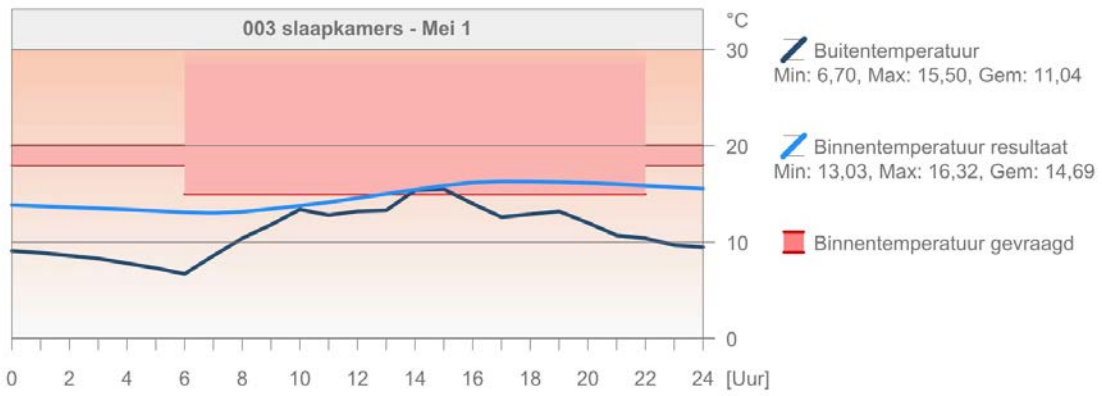
Verwarming: 5111 uur
Koeling: 1841 uur

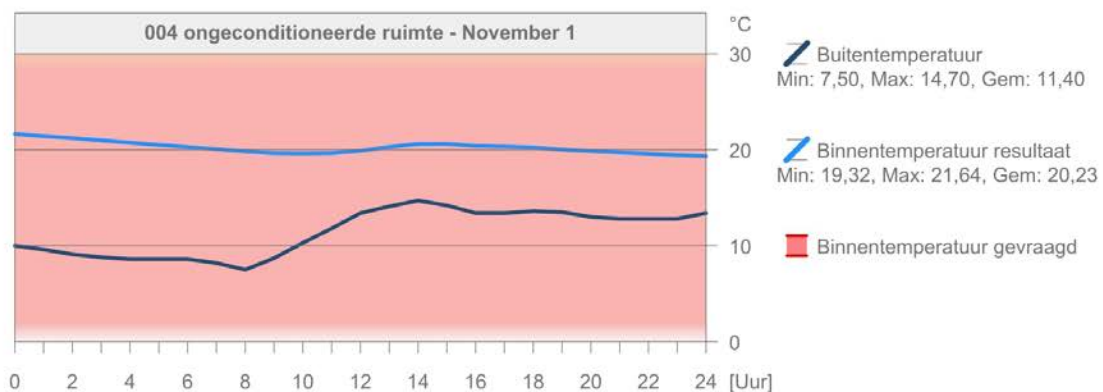
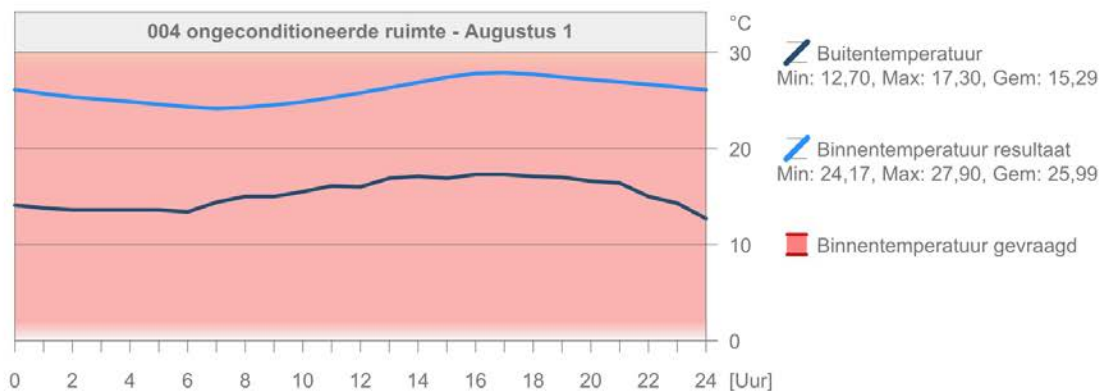
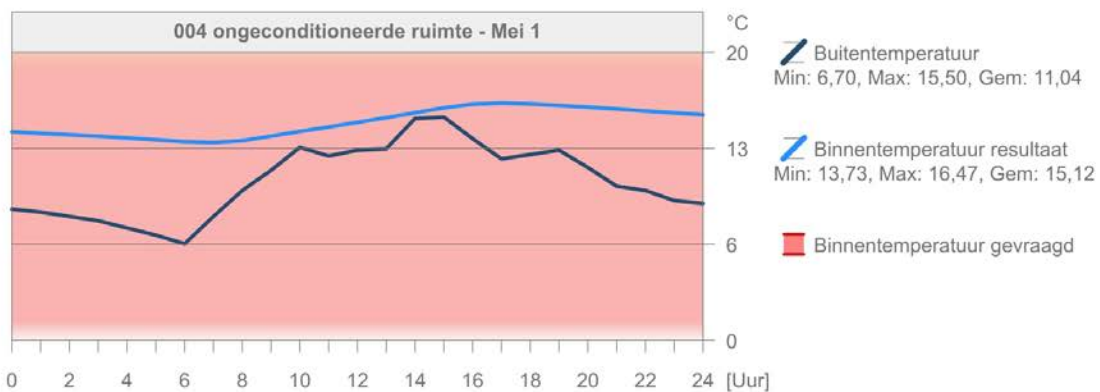
Temperatuurprofiel per dag





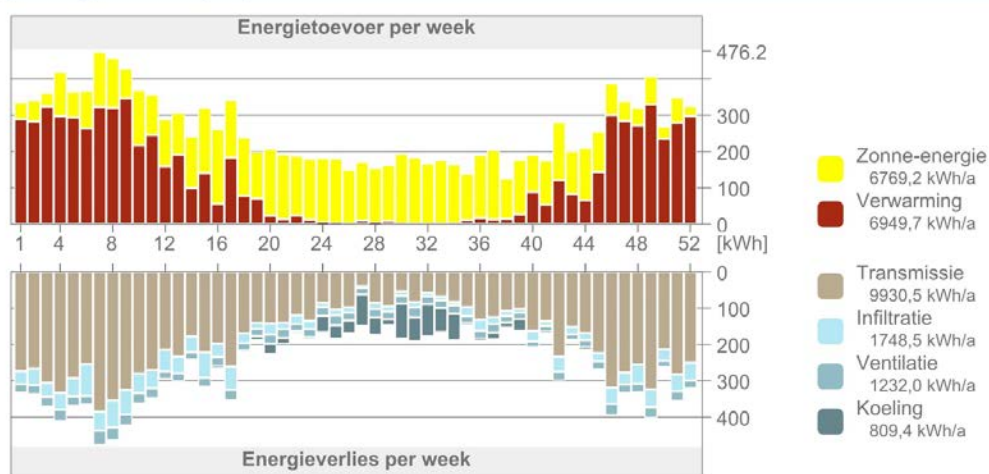






Bijlage 20: resultaten van de simulatie 3.10 voor de EHP woning die 270° gedraaid is, de achterkant van de woning naar het oosten gericht met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarming		Koel		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	598	0.4 07:00 feb 20	16	0.2 13:00 juli 29	15.7 06:00 feb 17	22.5 24:00 juli 05
001 woonruimtes	4762	3.9 07:00 feb 17	466	2.0 13:00 juli 29	14.7 06:00 feb 17	22.7 24:00 juli 05
003 slaapkamers	1589	1.8 23:00 feb 15	326	2.5 23:00 juli 05	14.6 09:00 feb 17	26.9 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	8.5 09:00 feb 17	29.0 17:00 juli 29
Alle klimaatzones:	6949	4.4 07:00 feb 17	809	2.5 23:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6555 uur
Koeling: 1504 uur

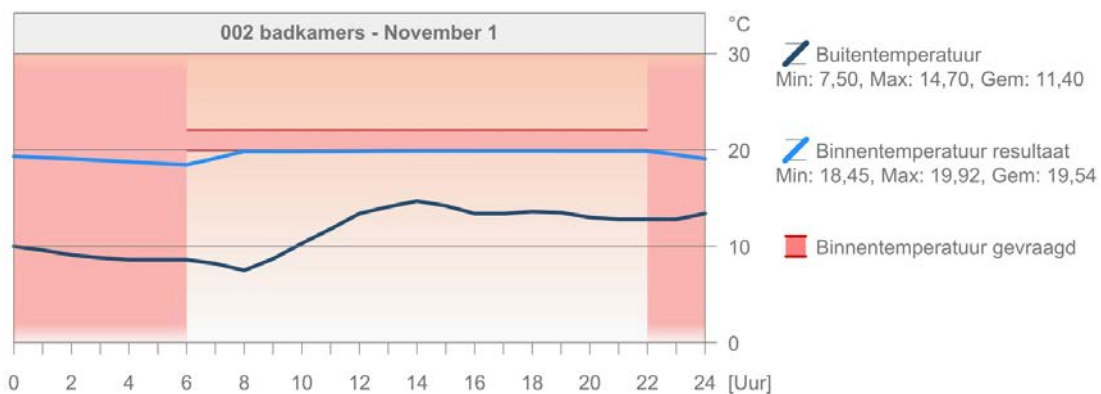
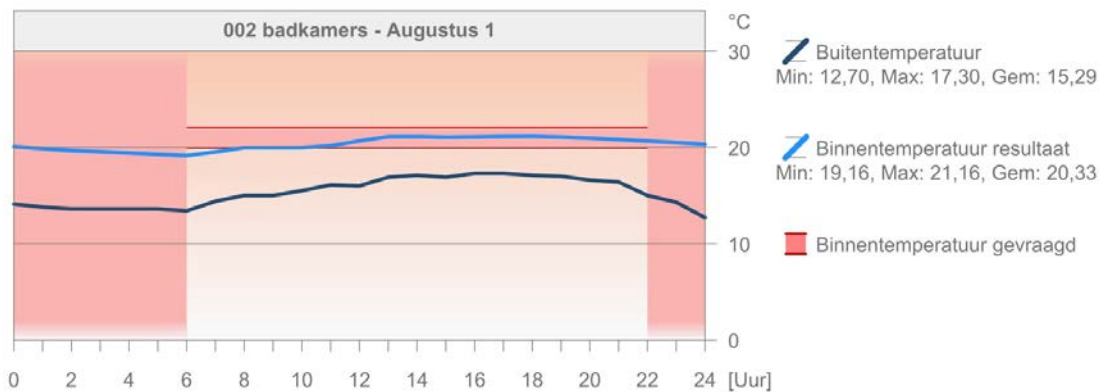
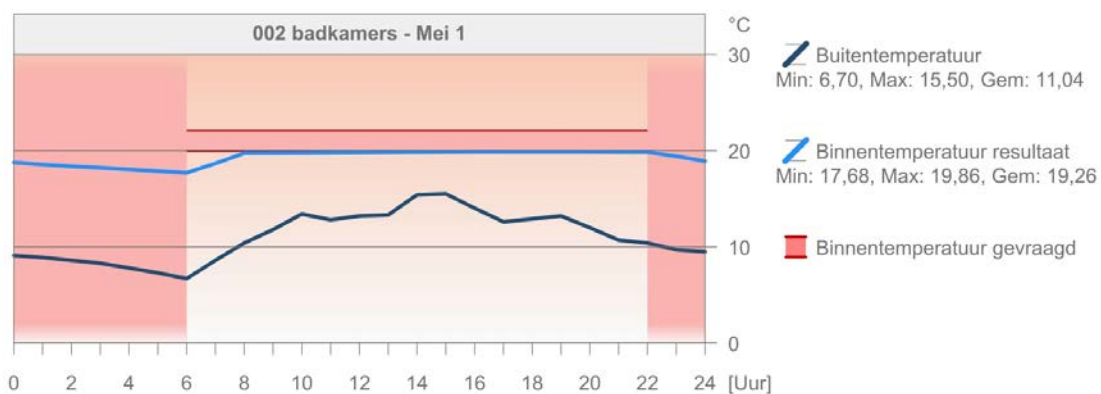
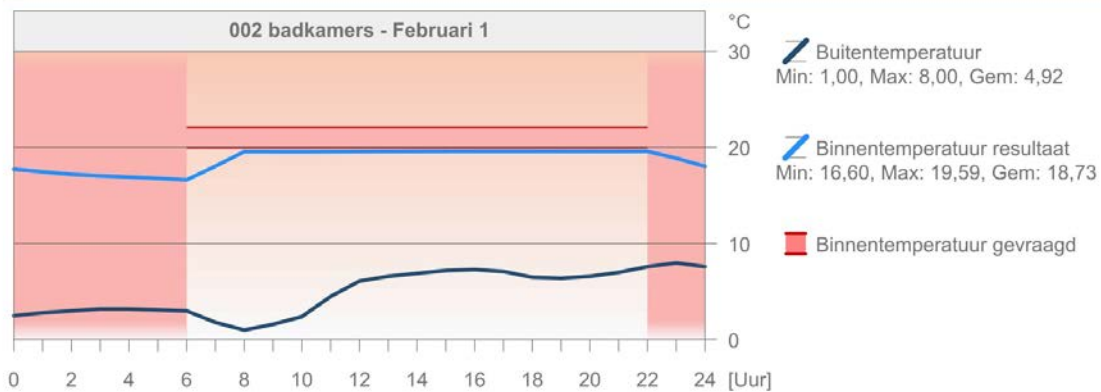
Onvervulde comforturen per jaar

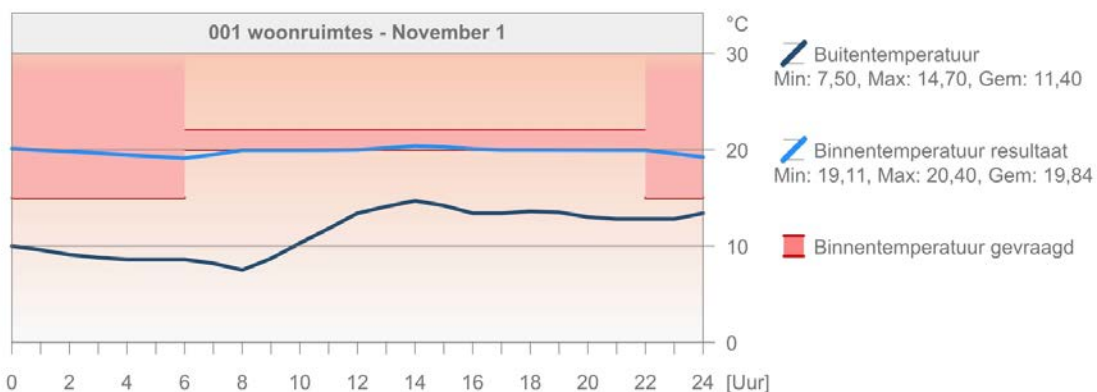
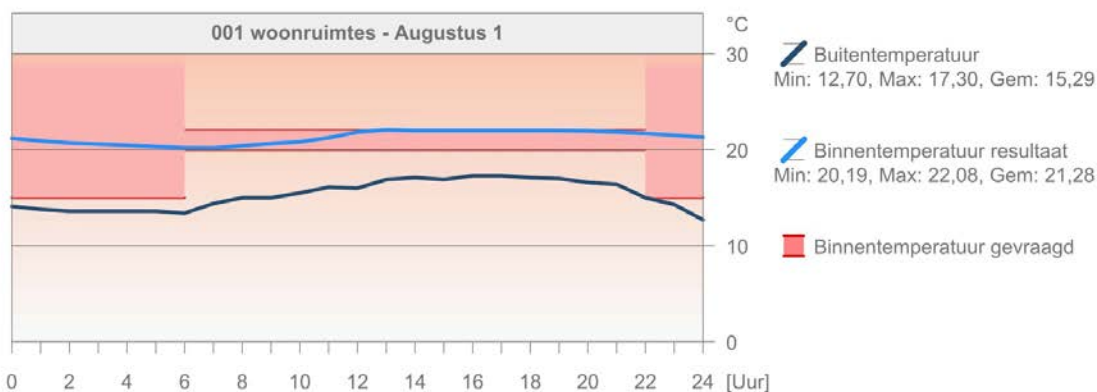
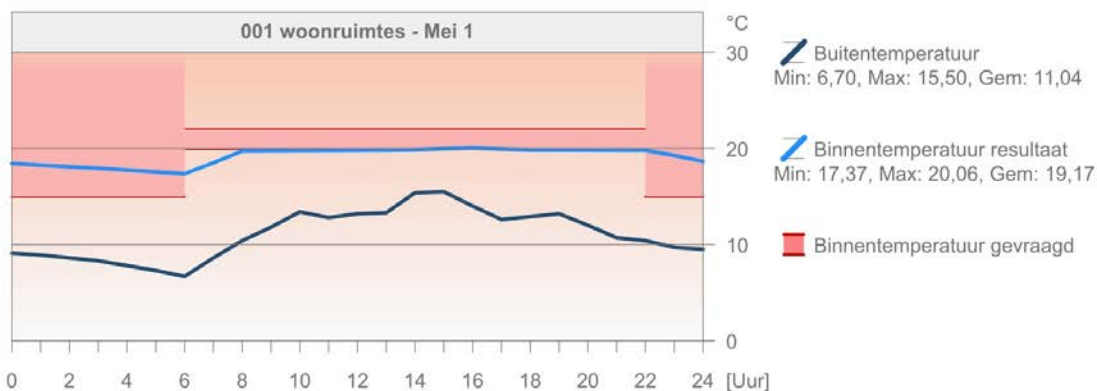
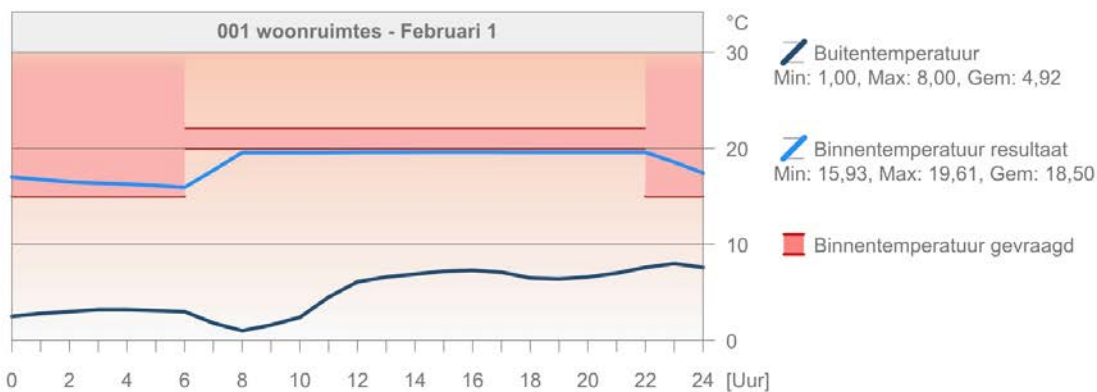
Verwarming: 343 uur
Koeling: 68 uur

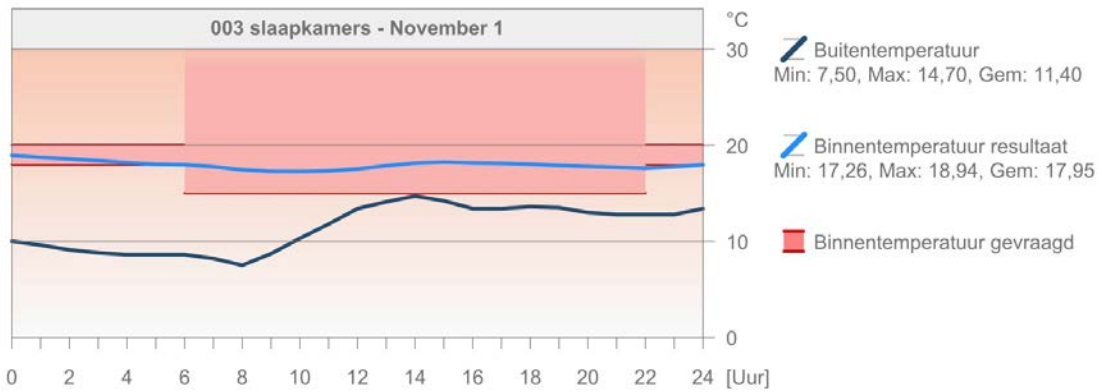
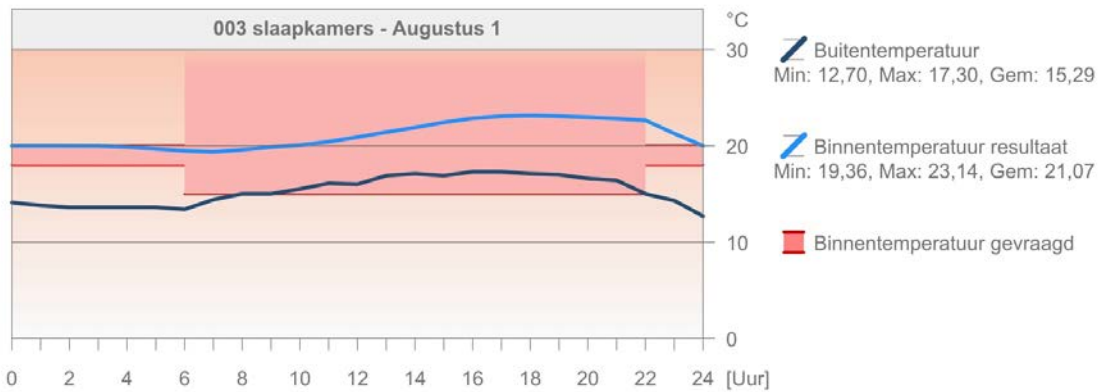
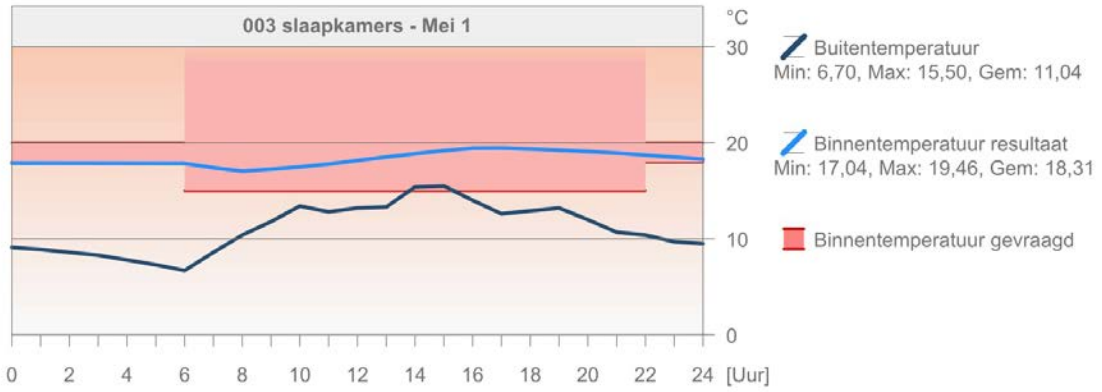
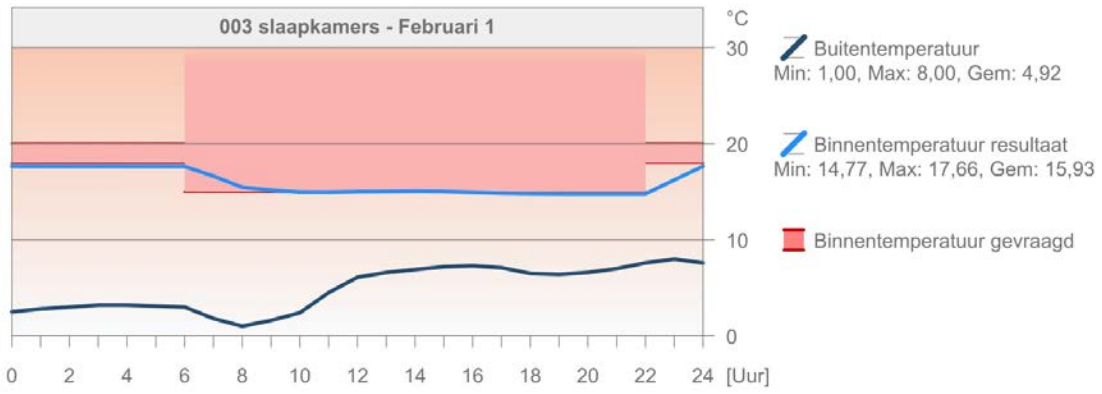
Energieverbruik per voorziening

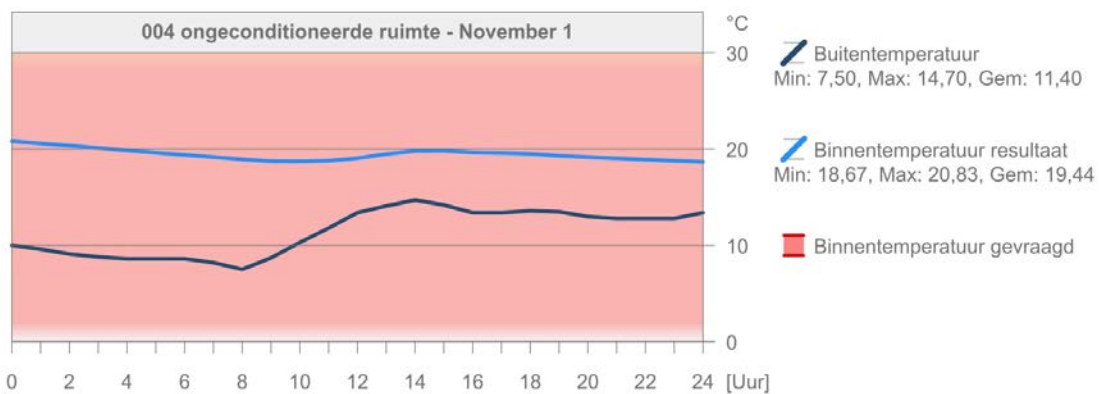
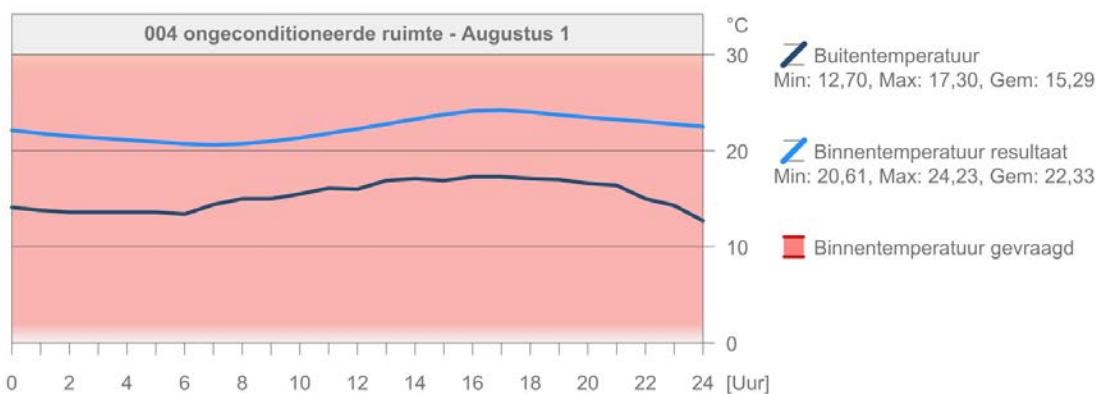
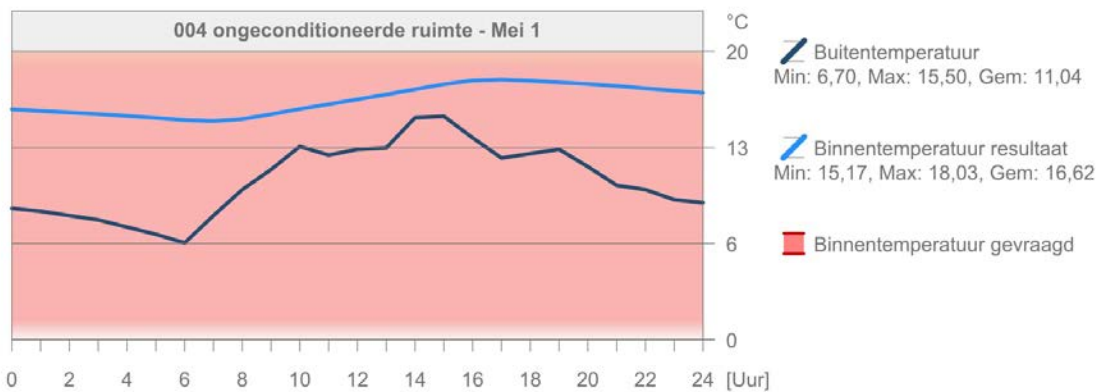
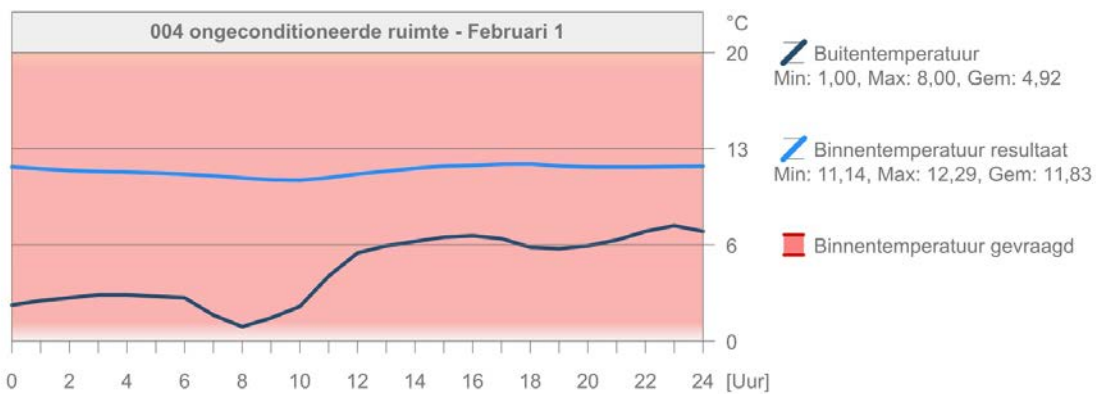
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	6949	7882	430	1501
Koeling	809	1649	35	45
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	7914	9999	492	1580

Temperatuurprofiel per dag



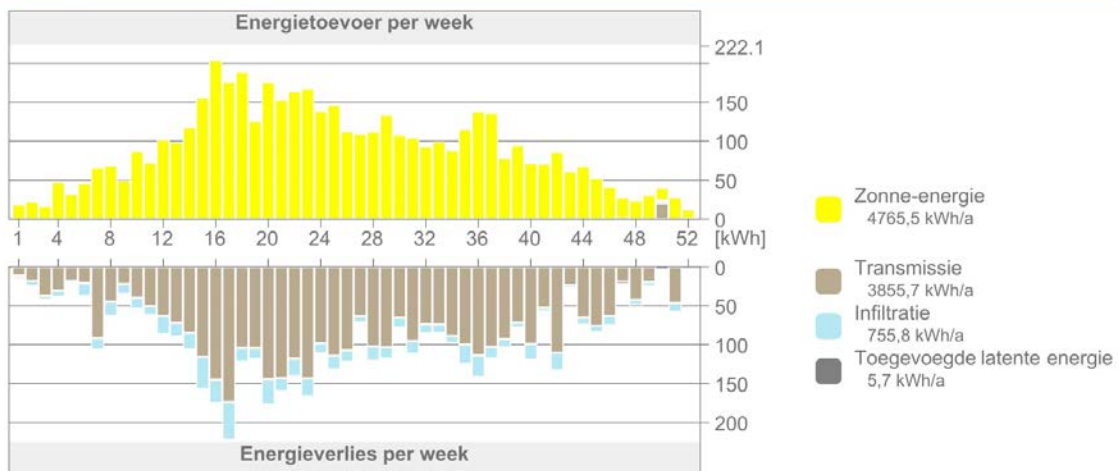






Bijlage 21: resultaten van de simulatie 3.11 voor de EHP woning waarbij screens zijn aangebracht bij de ramen in het oosten, zuiden en westen zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingsvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0,0	0	0,0	2,9 10:00 feb 20	27,1 20:00 juli 05
001 woonruimtes	0	0,0	0	0,0	3,4 09:00 feb 20	24,7 20:00 juli 05
003 slaapkamers	0	0,0	0	0,0	2,1 09:00 feb 17	27,0 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0,0	0	0,0	3,1 09:00 feb 20	26,0 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	0	0,0	0	0,0		

Aantal gebruiksuren per jaar:

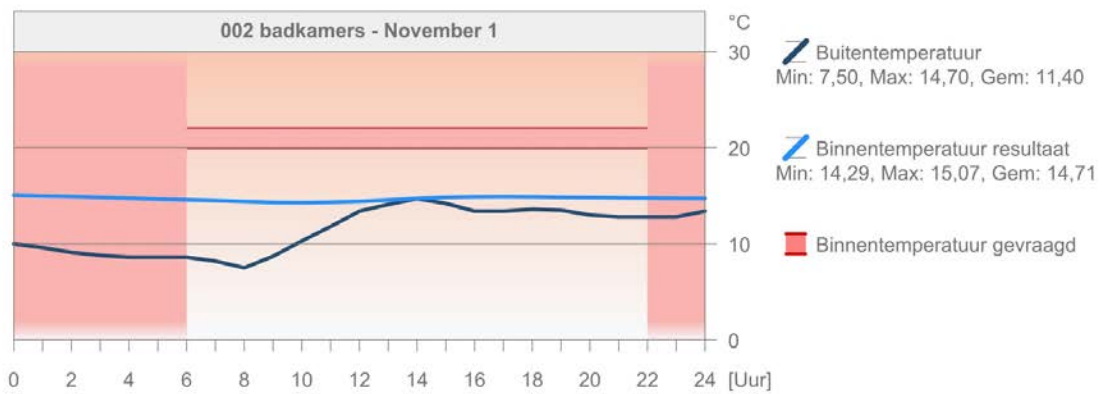
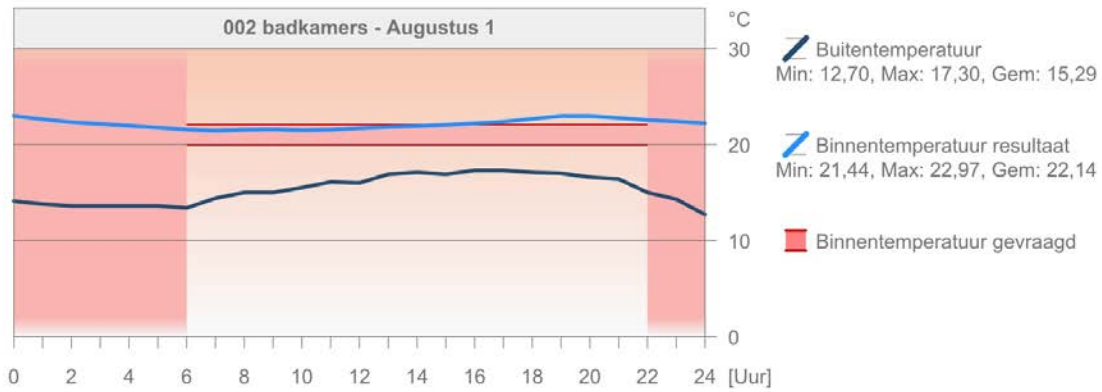
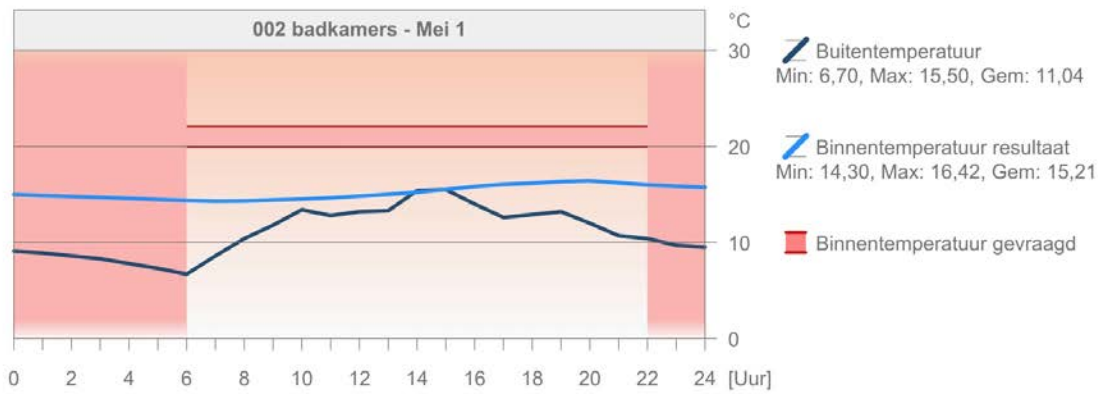
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

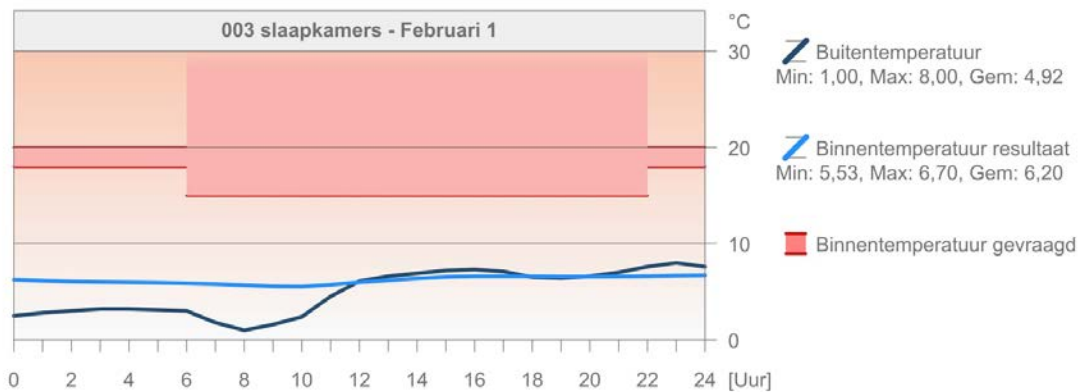
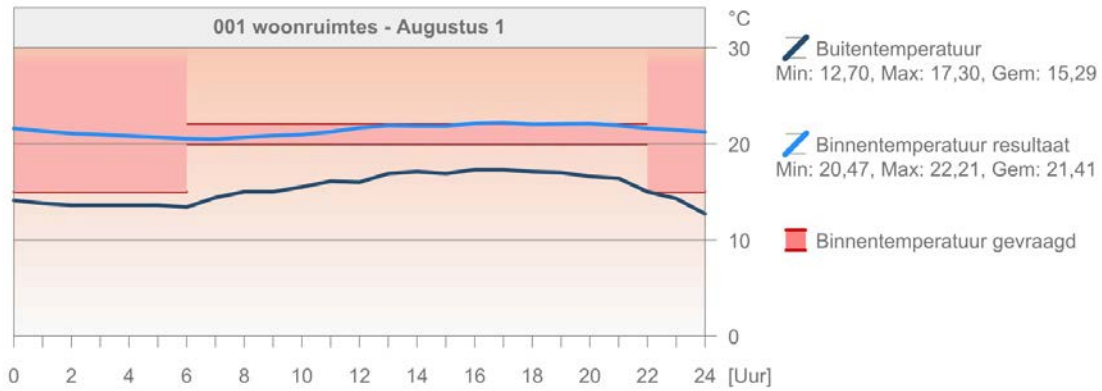
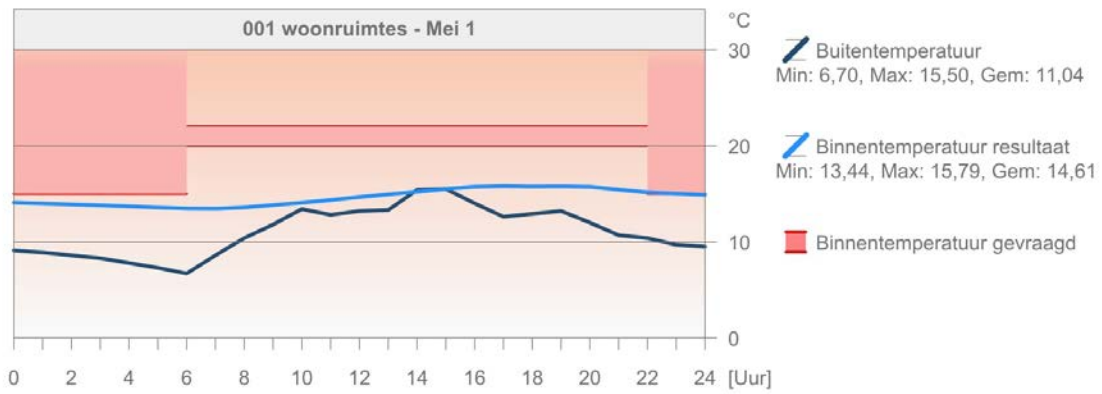
Onvervulde comforturen per jaar

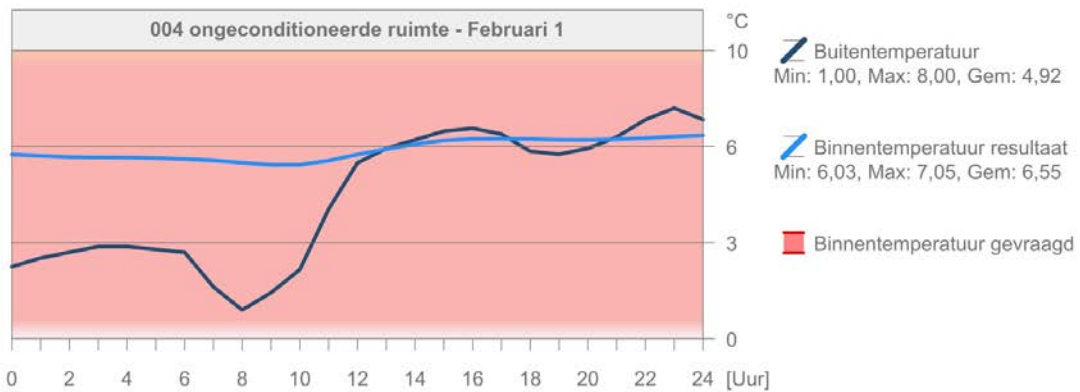
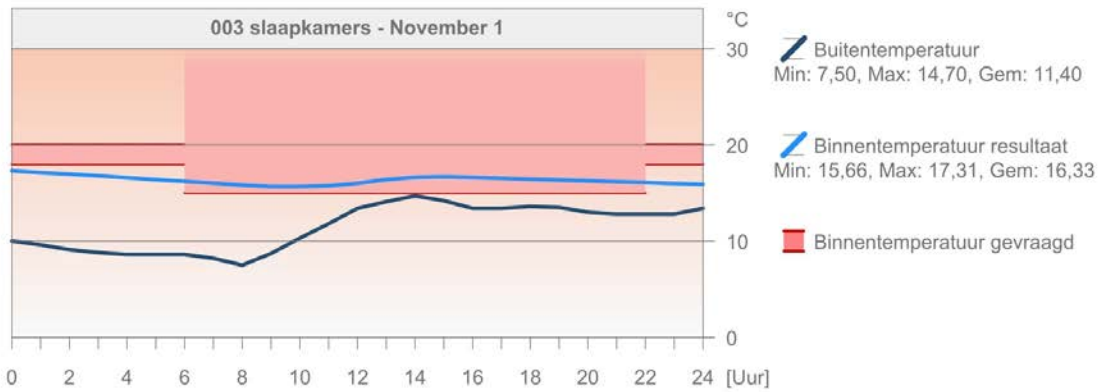
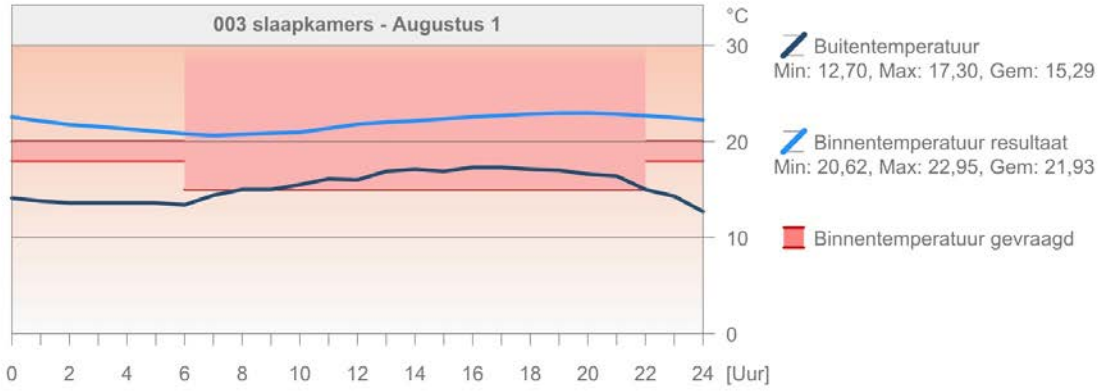
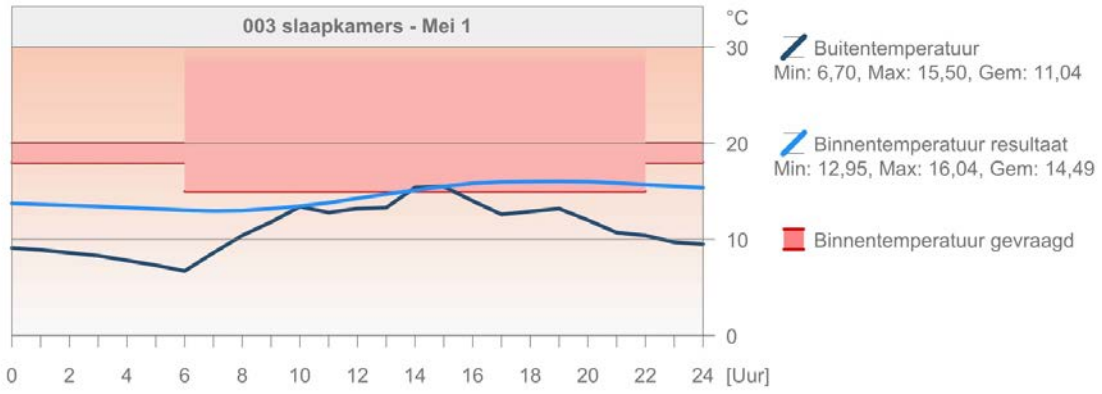
Verwarming: 5382 uur
Koeling: 986 uur

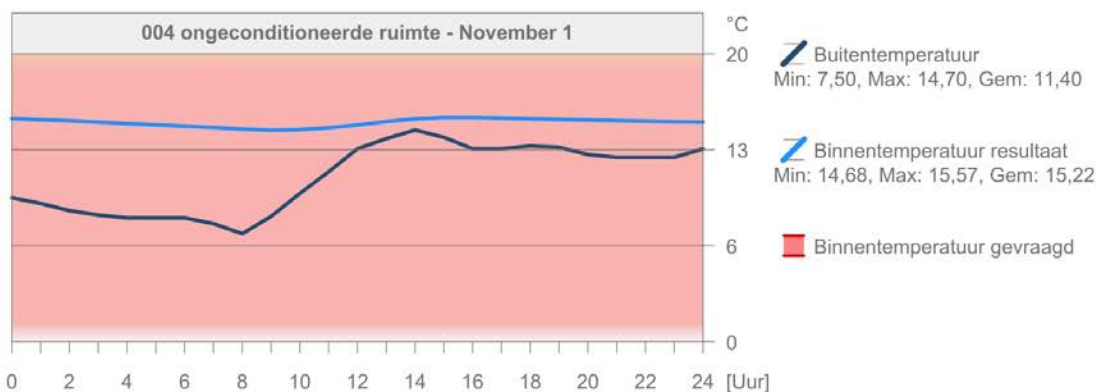
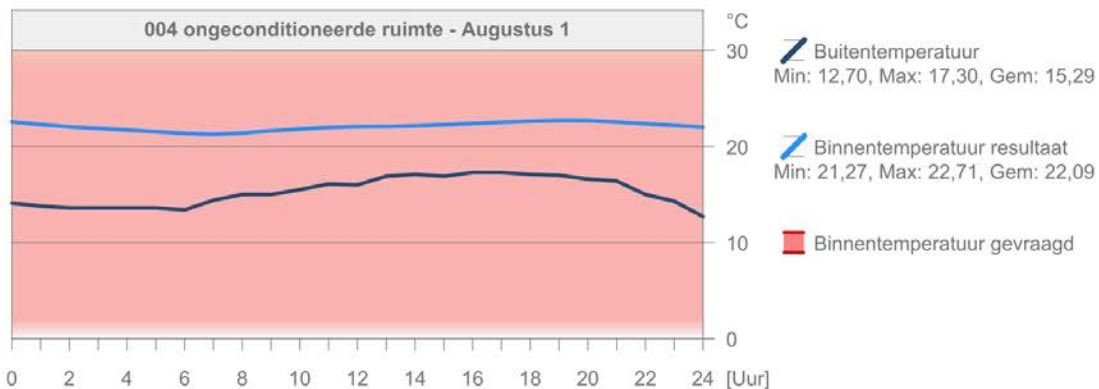
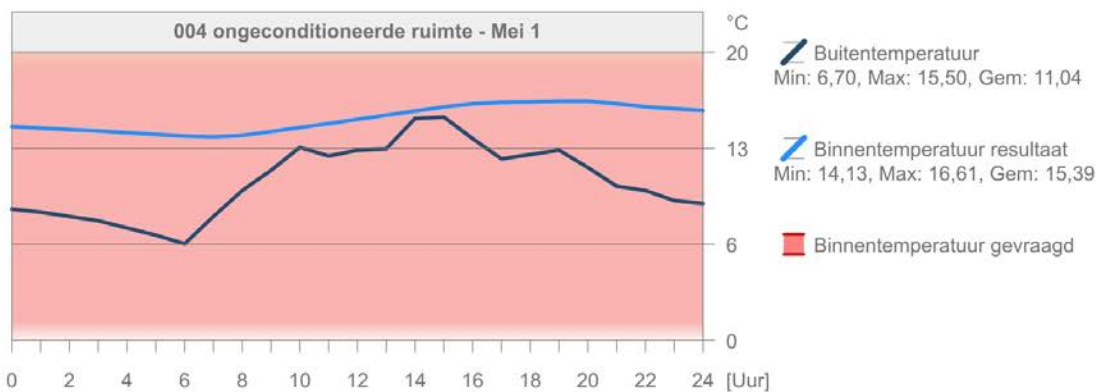
Temperatuurprofiel per dag





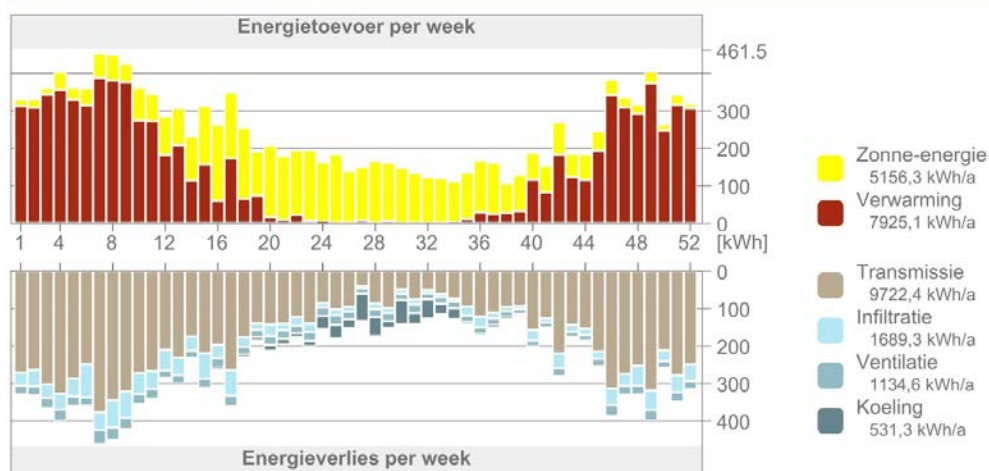






Bijlage 22: resultaten van de simulatie 3.11 voor de EHP woning waarbij screens zijn aangebracht bij de ramen in het oosten, zuiden en westen met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarming		Koel		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	644	0.5 07:00 nov 15	27	0.3 19:00 juli 11	15.6 06:00 nov 15	23.2 20:00 mei 06
001 woonruimtes	5575	4.0 07:00 nov 15	290	3.0 20:00 juli 04	14.6 06:00 feb 17	22.9 20:00 juli 03
003 slaapkamers	1705	1.8 23:00 feb 20	213	2.0 23:00 juli 05	14.6 09:00 feb 17	25.6 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	7.4 09:00 feb 20	25.7 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	7925	4.5 07:00 nov 15	531	3.2 20:00 juli 04		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6636 uur
Koeling: 1294 uur

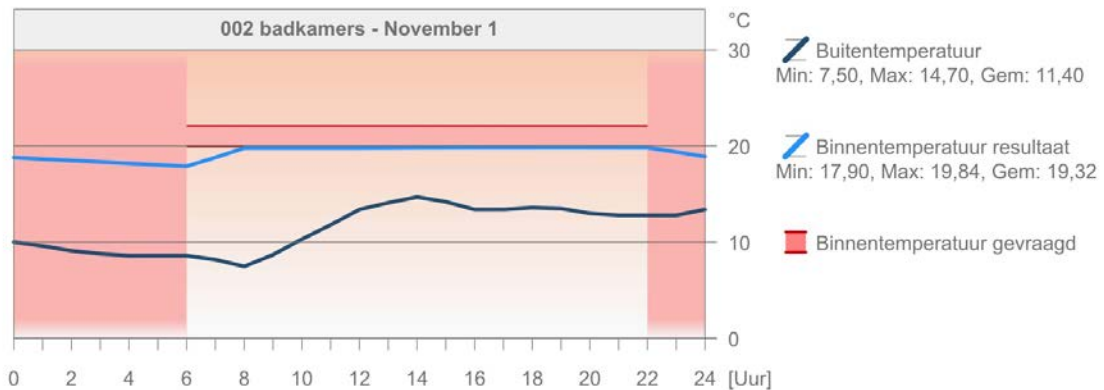
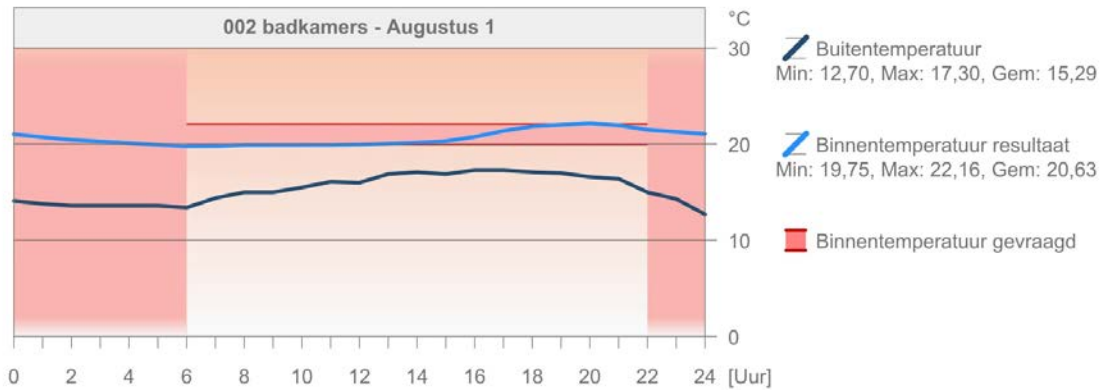
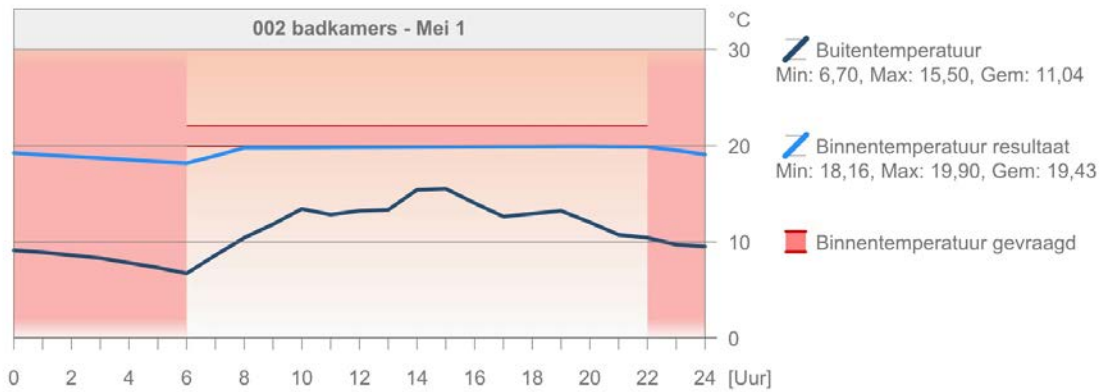
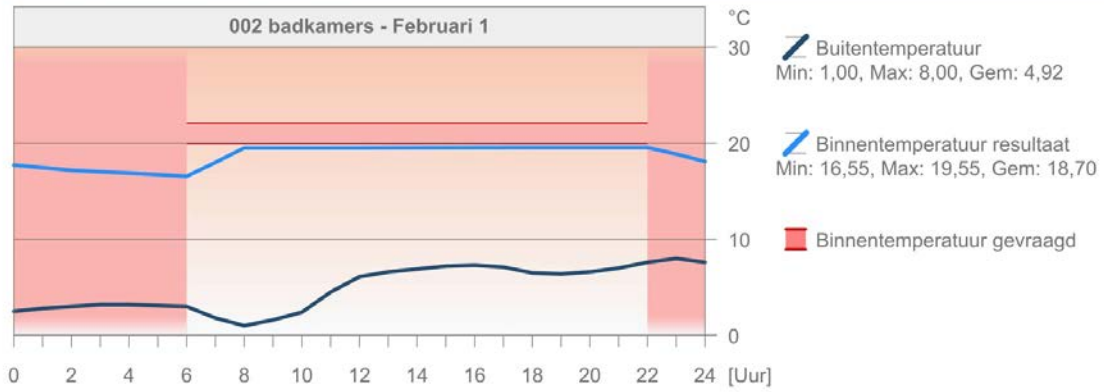
Onvervulde comforturen per jaar

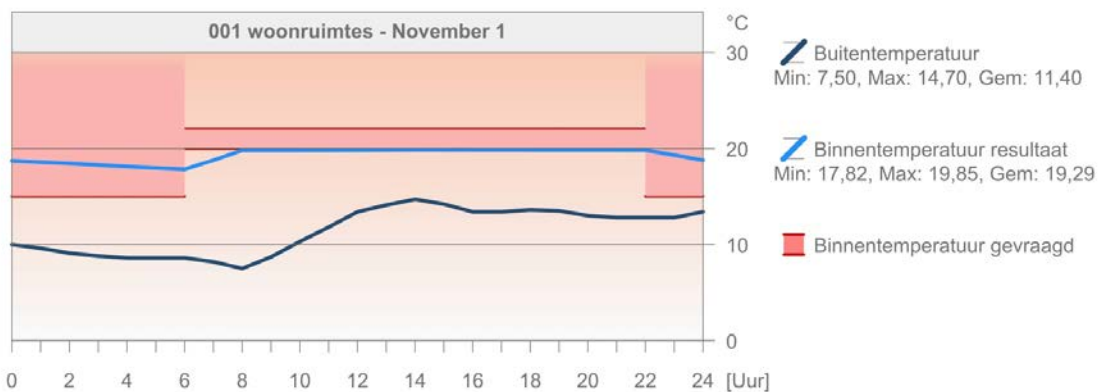
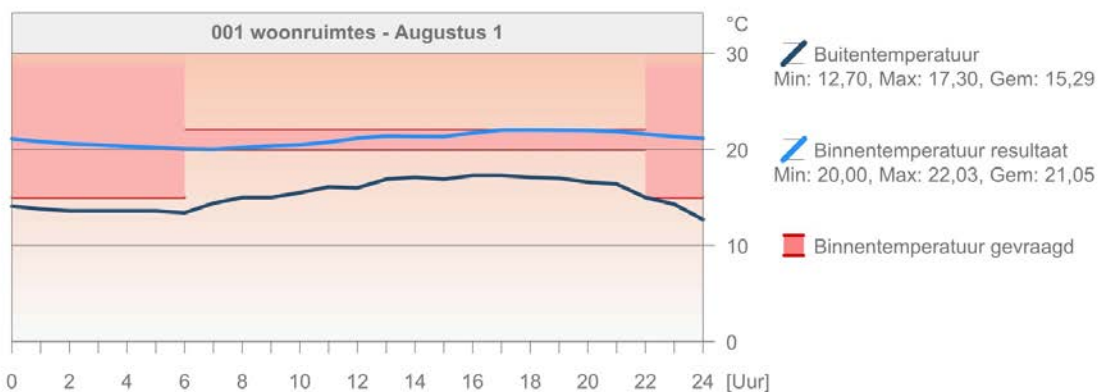
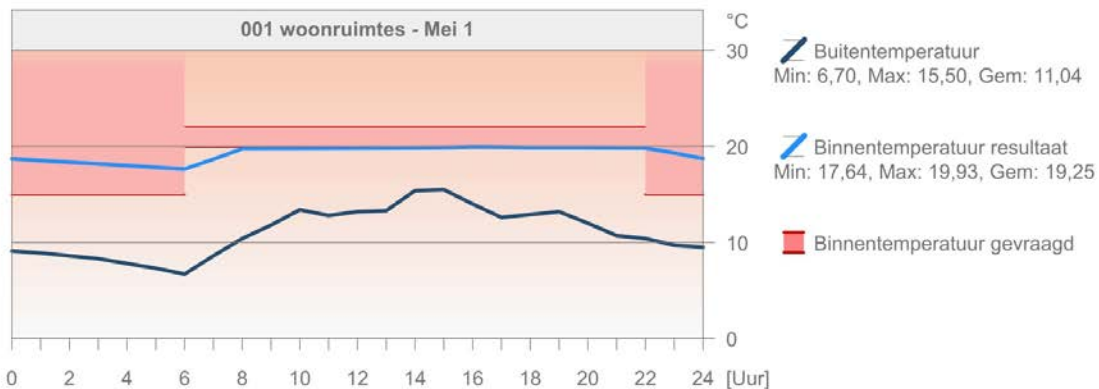
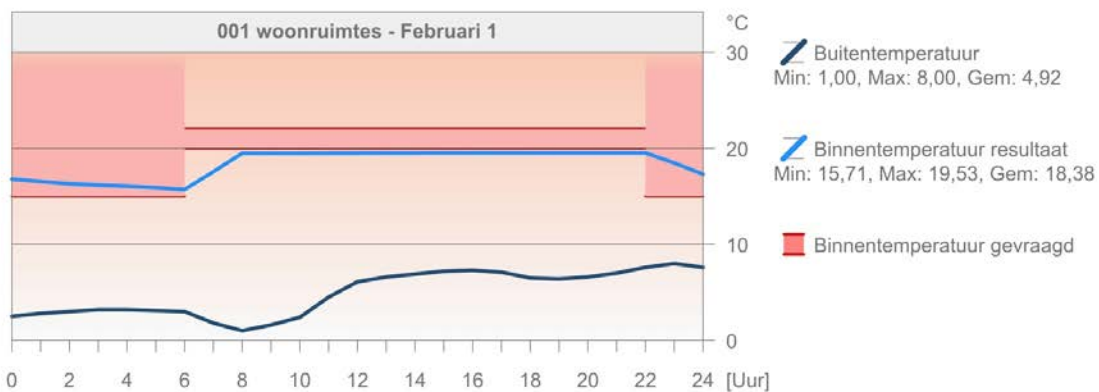
Verwarming: 353 uur
Koeling: 49 uur

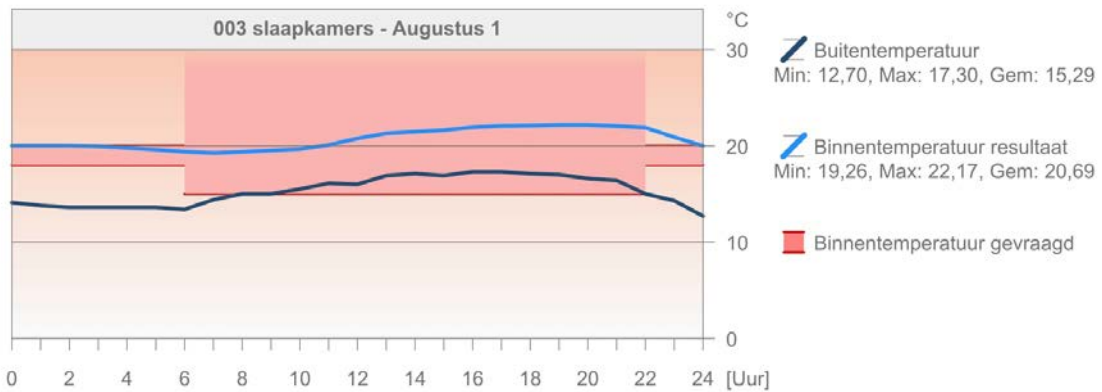
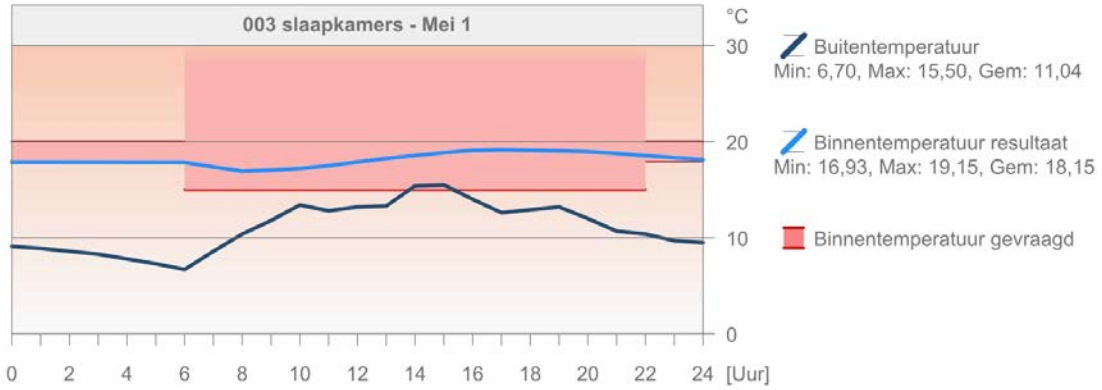
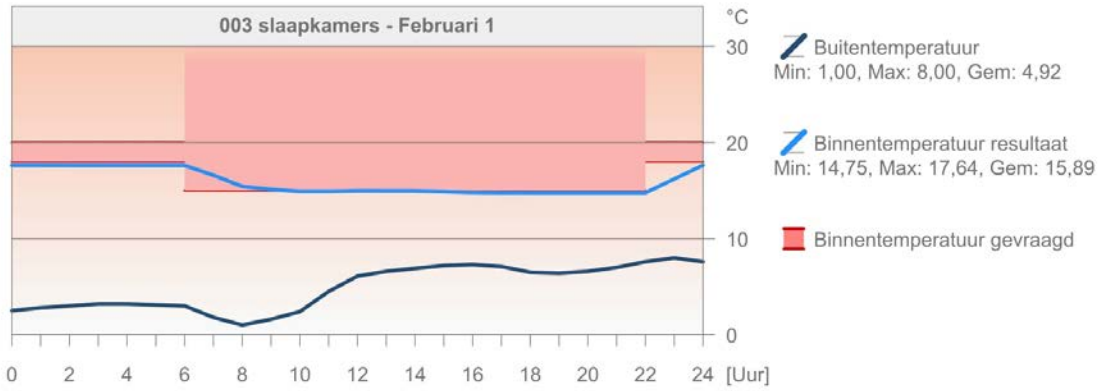
Energieverbruik per voorziening

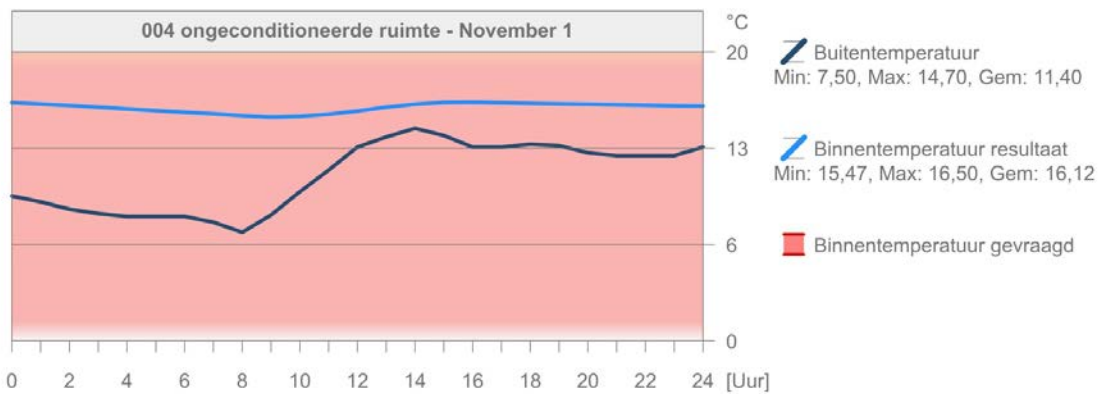
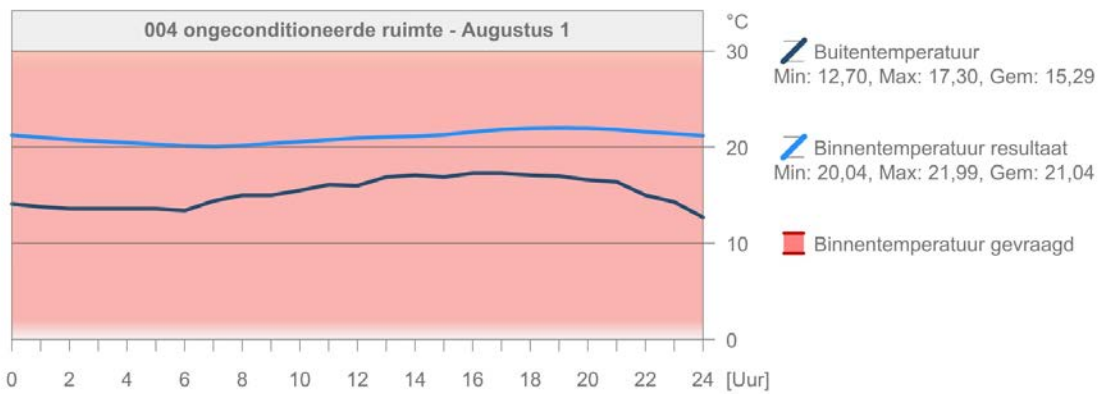
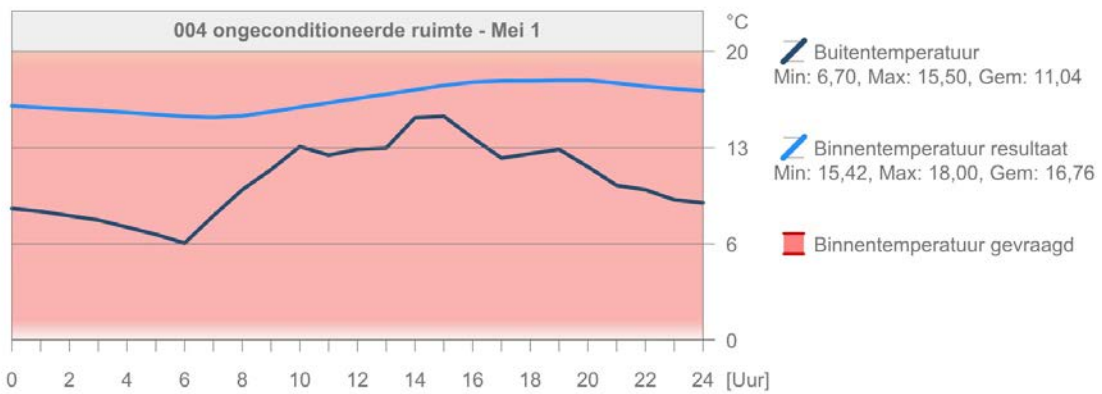
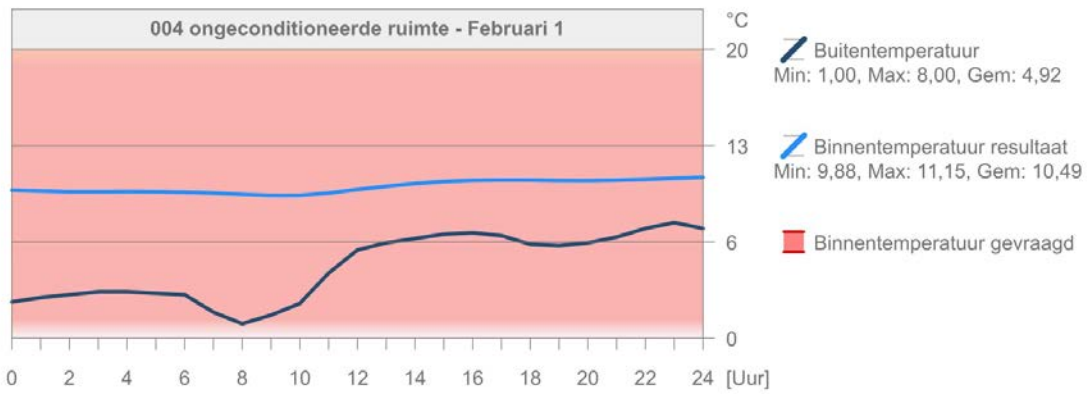
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	7925	8991	491	1711
Koeling	531	1070	22	29
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	8612	10528	540	1774

Temperatuurprofiel per dag



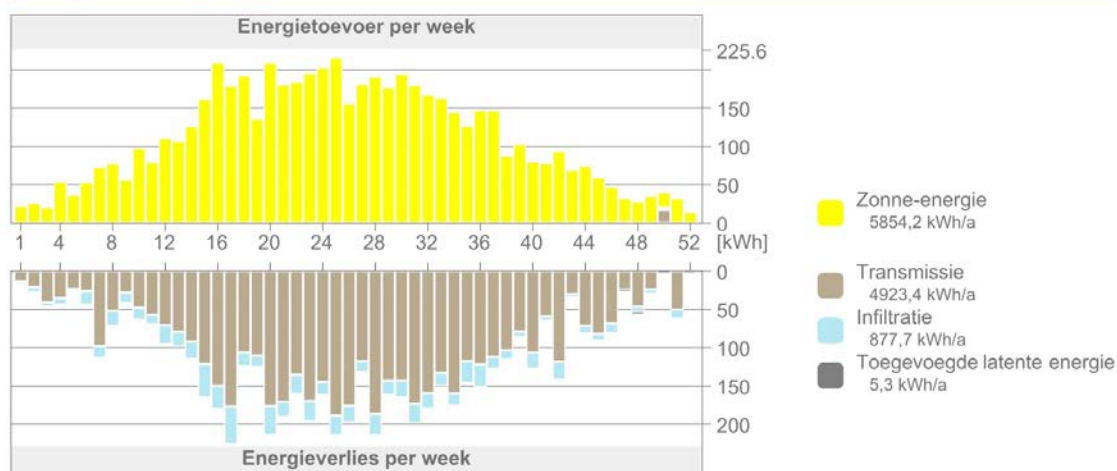






Bijlage 23: resultaten van de simulatie 3.12 voor de EHP woning waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingsvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	3.3 09:00 feb 20	34.9 20:00 juli 05
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	3.6 09:00 feb 18	30.1 20:00 juli 05
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	2.2 09:00 feb 17	29.2 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	3.2 09:00 feb 20	31.2 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

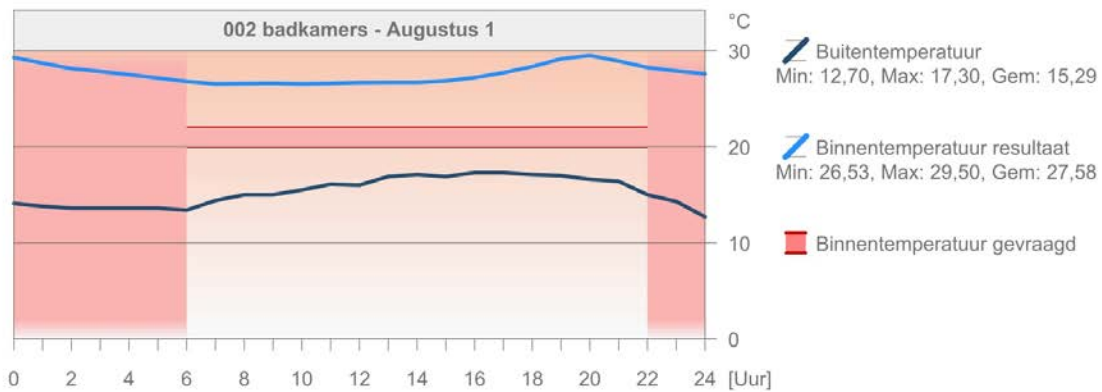
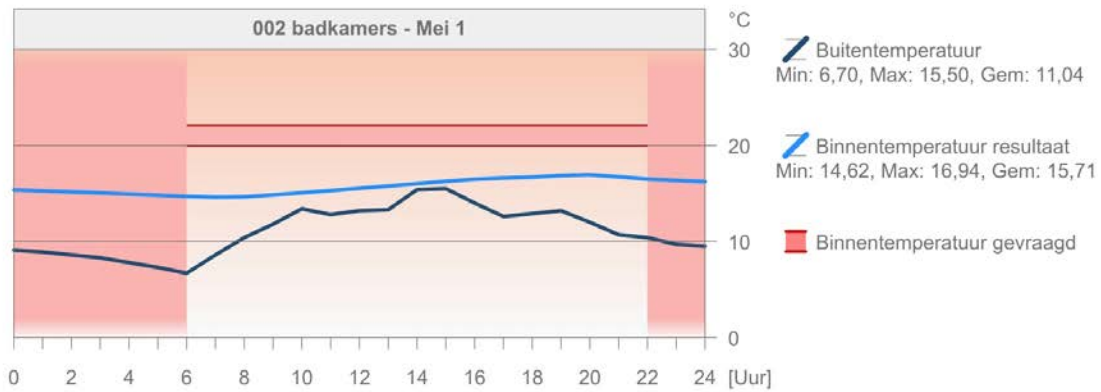
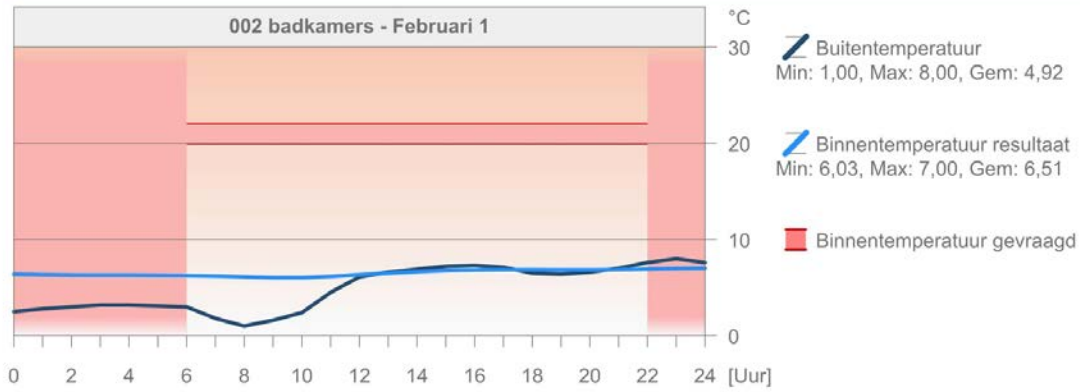
Aantal gebruiksuren per jaar:

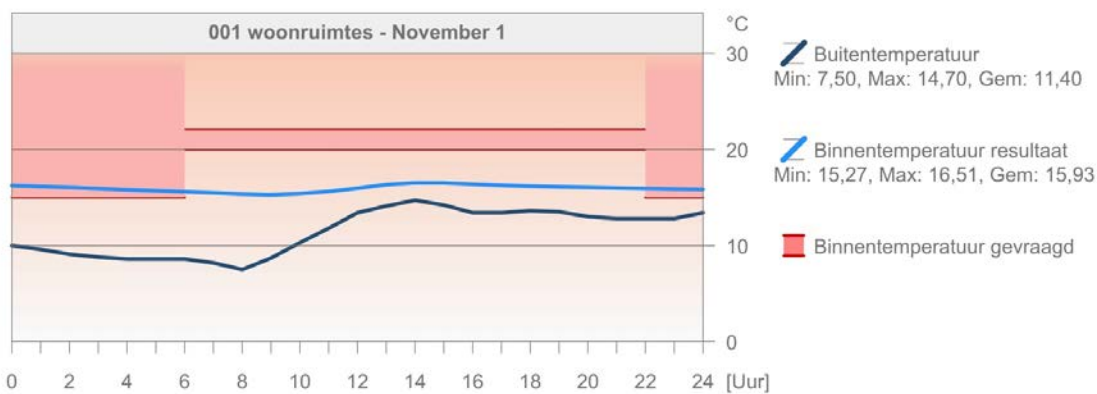
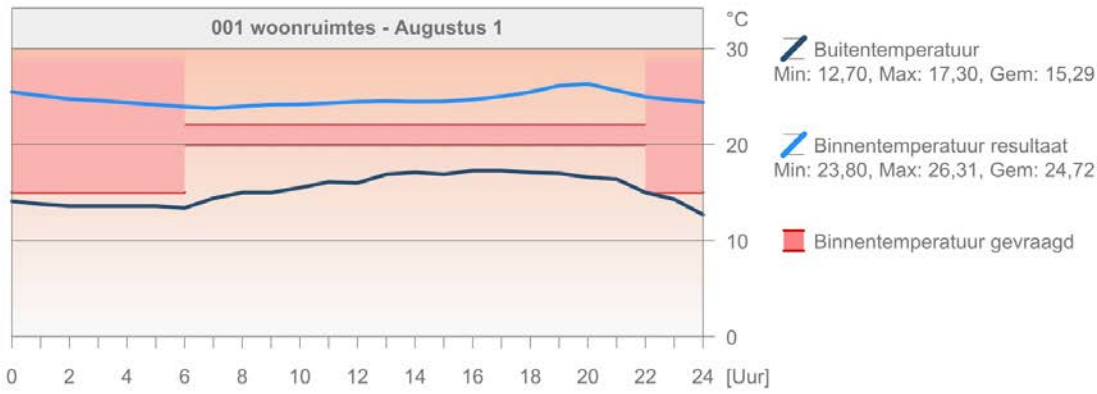
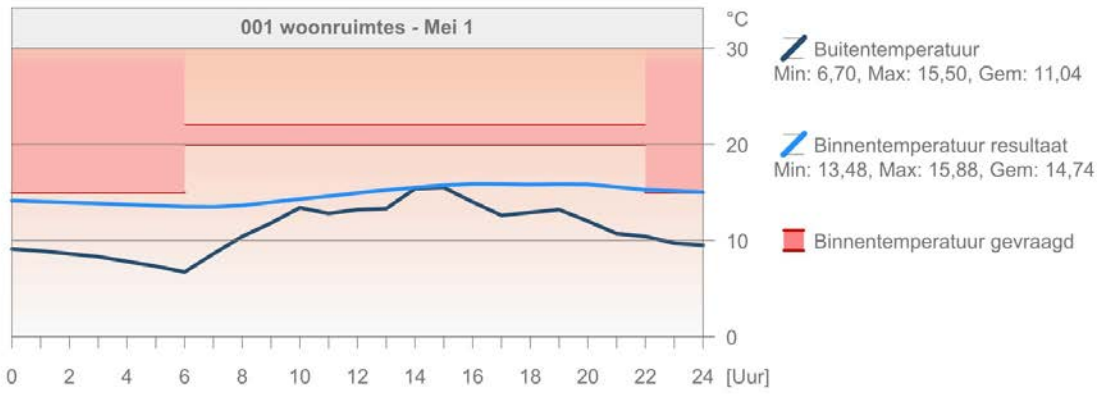
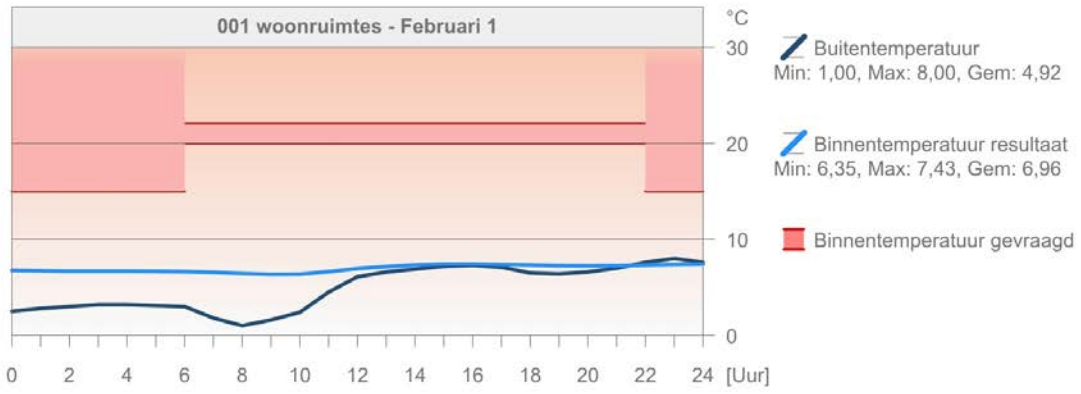
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

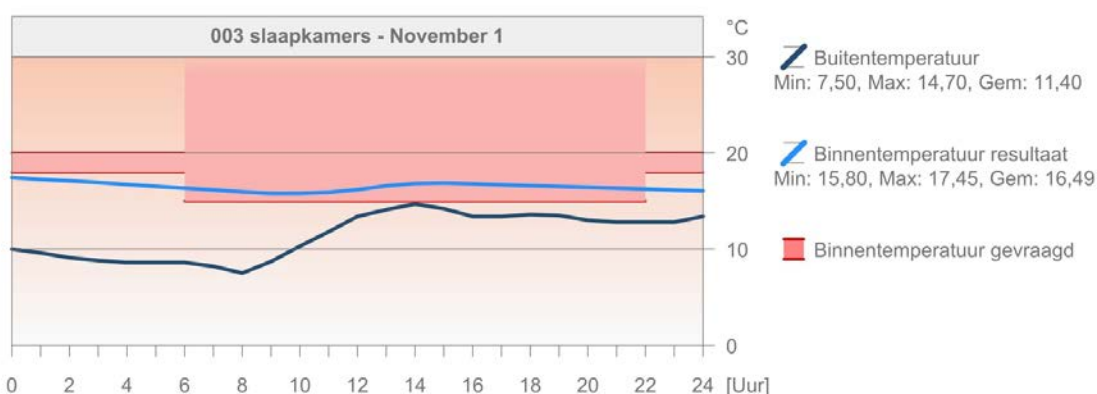
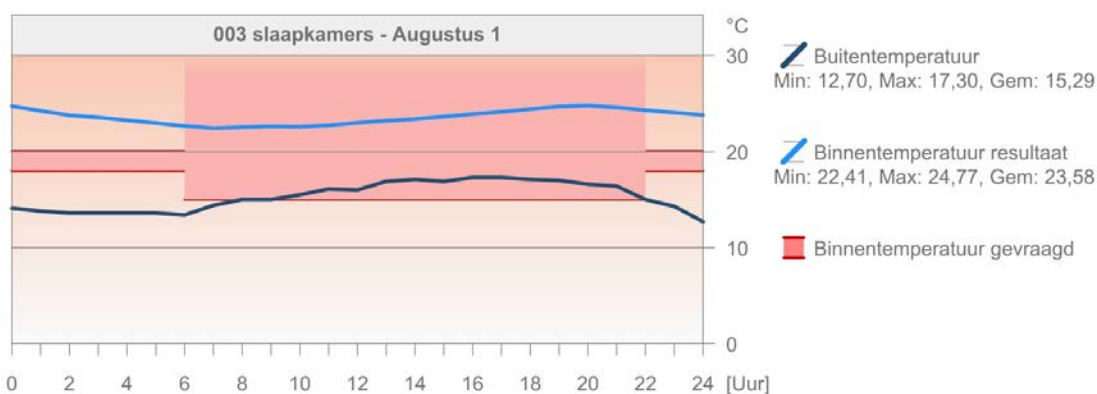
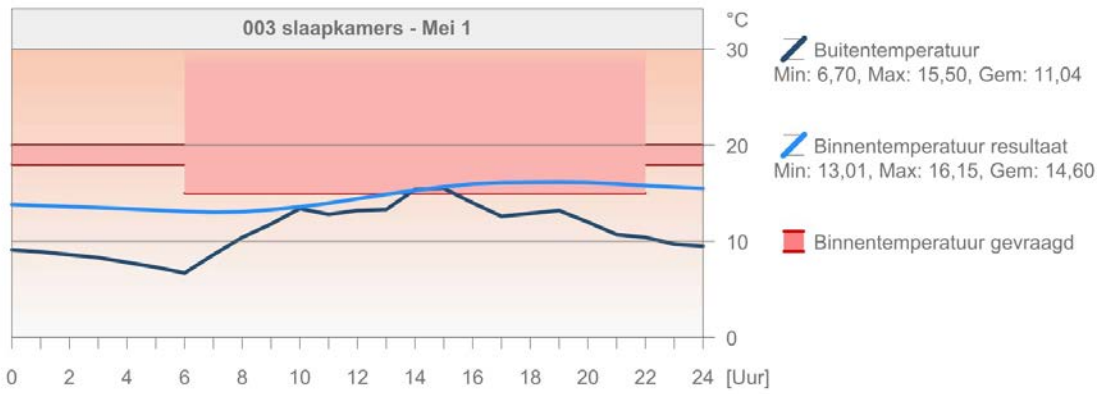
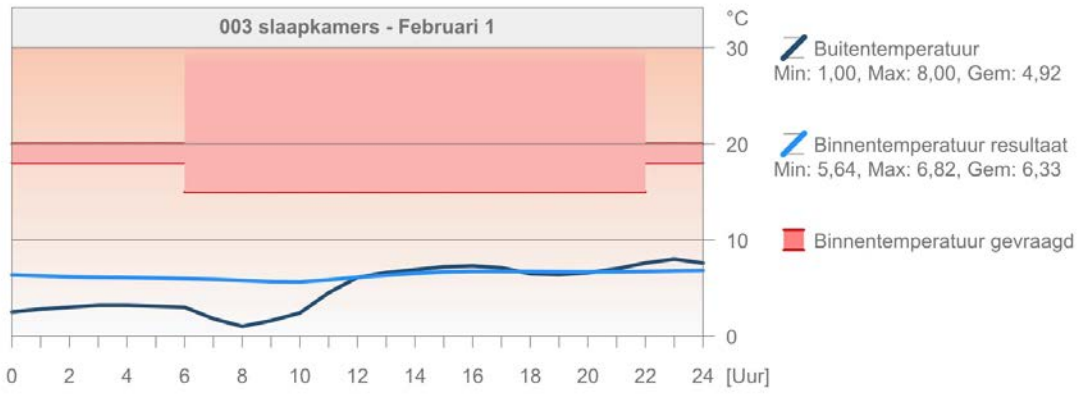
Onvervulde comforturen per jaar

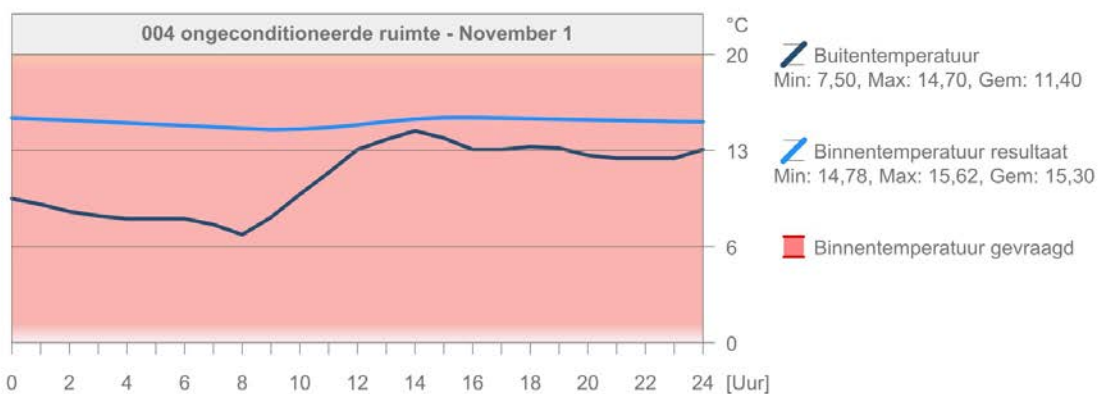
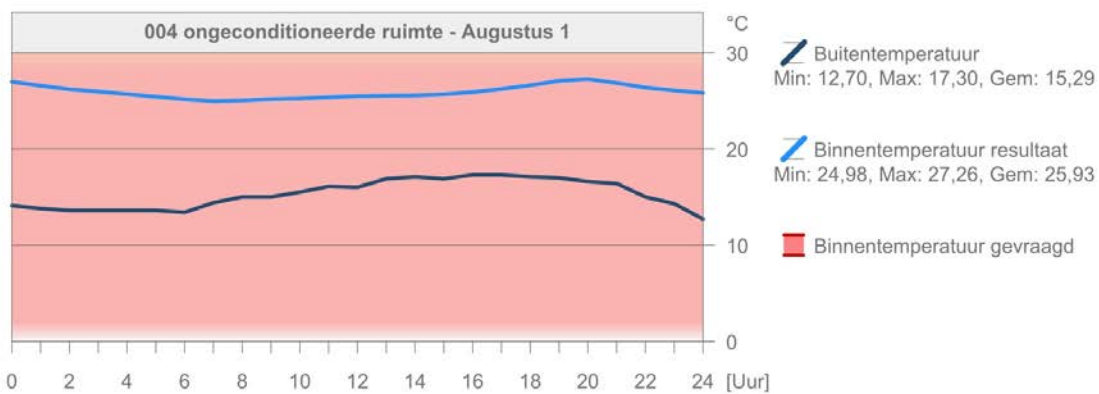
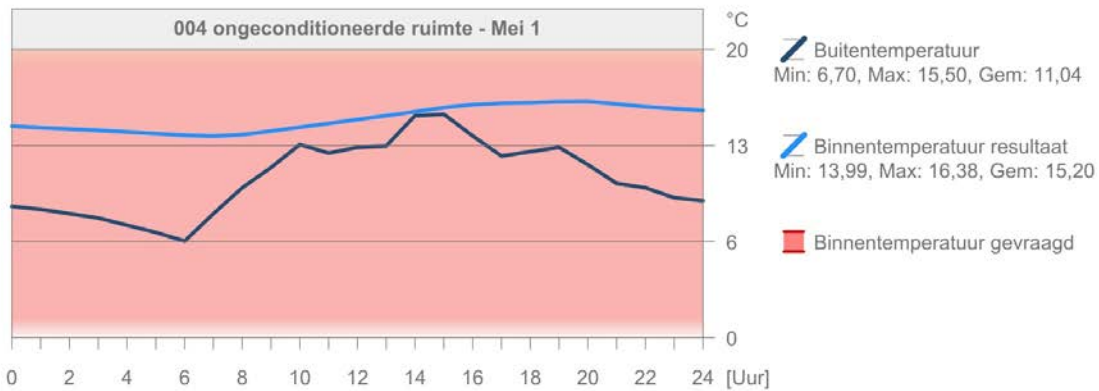
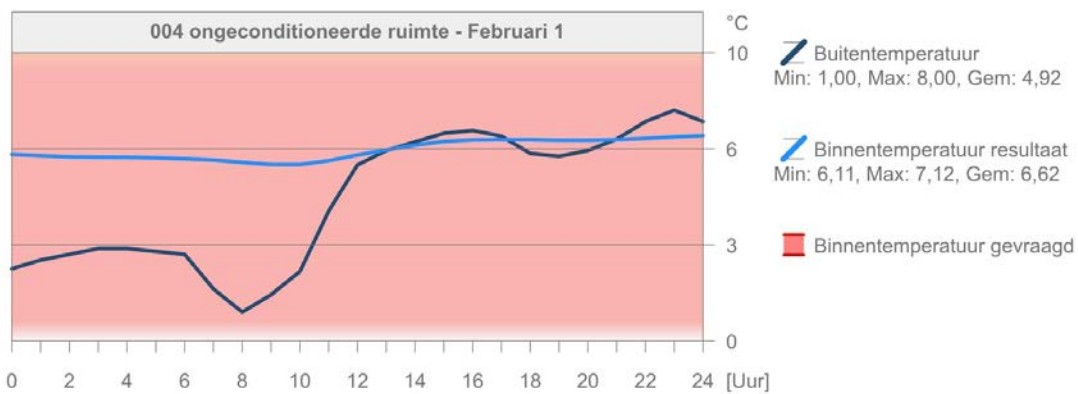
Verwarming: 5250 uur
Koeling: 2226 uur

Temperatuurprofiel per dag



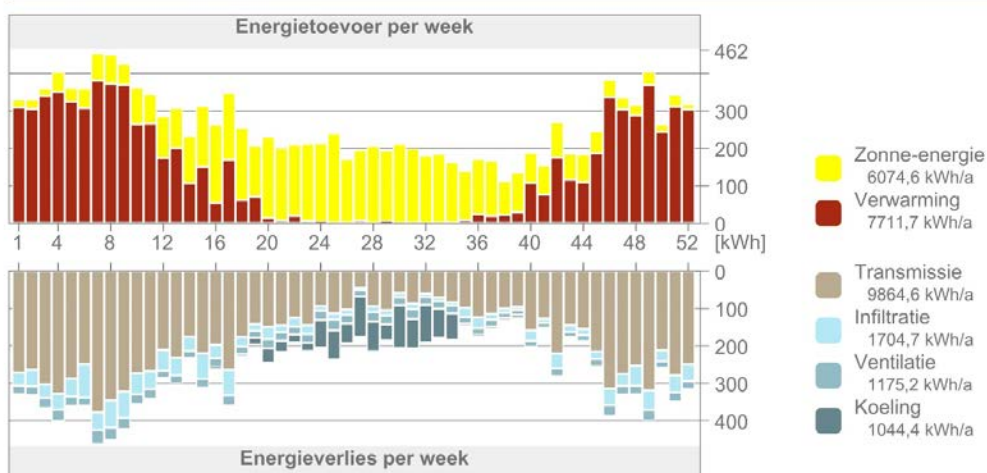






Bijlage 24: resultaten van de simulatie 3.12 voor de EHP woning waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarming		Koel		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	616	0.5 07:00 nov 15	68	0.5 19:00 juli 05	15.6 06:00 nov 15	23.5 24:00 juli 05
001 woonruimtes	5406	4.0 07:00 nov 15	688	3.7 19:00 juli 05	14.6 06:00 feb 17	23.4 24:00 juli 05
003 slaapkamers	1688	1.8 23:00 feb 20	287	2.4 23:00 juli 05	14.6 09:00 feb 17	26.9 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	7.4 09:00 feb 20	29.3 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	7711	4.5 07:00 nov 15	1044	4.2 19:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6459 uur
Koeling: 1599 uur

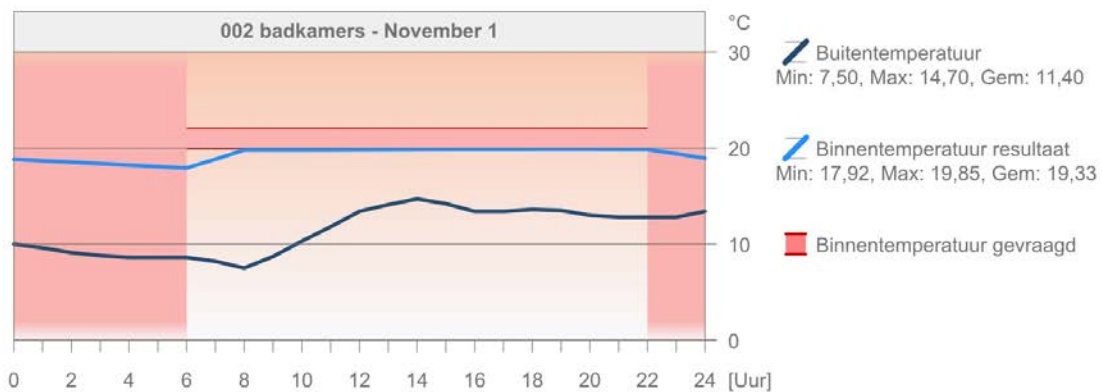
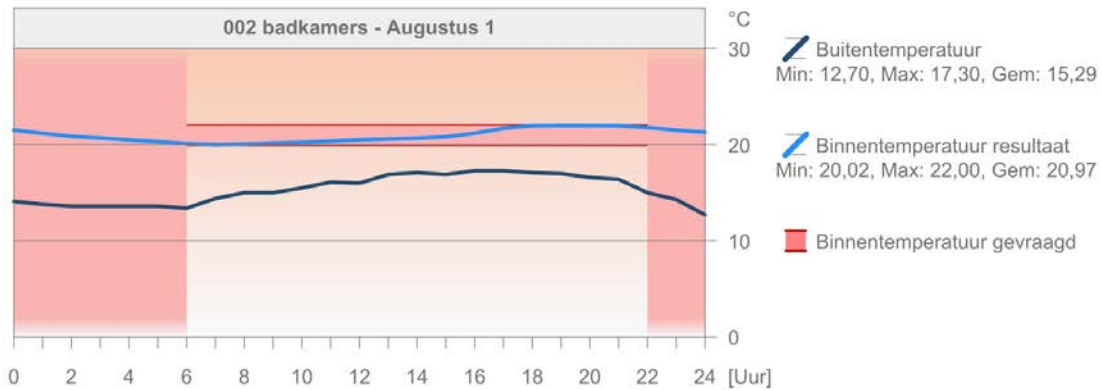
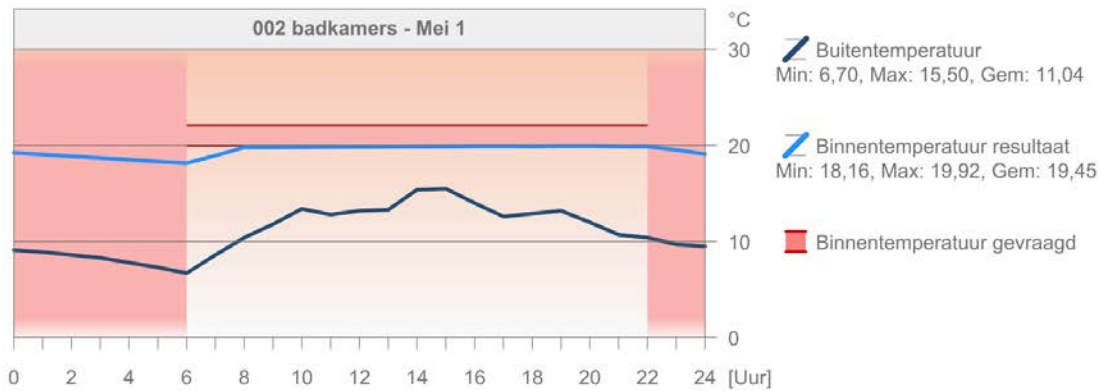
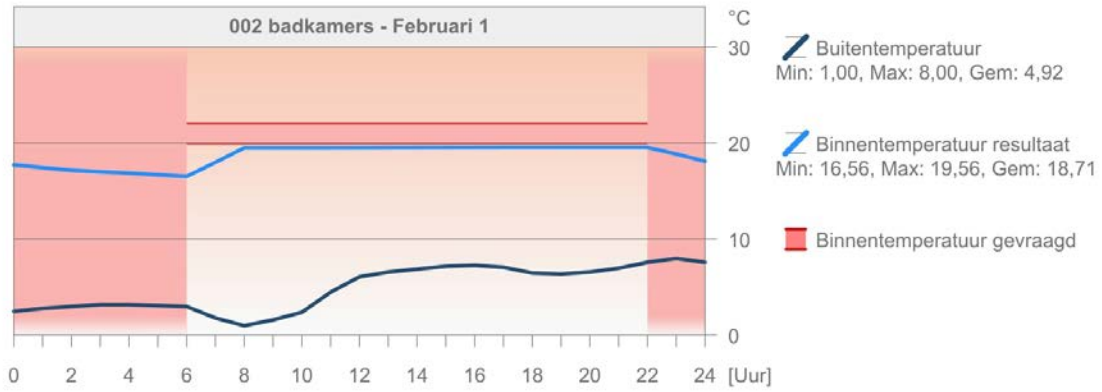
Onvervulde comforturen per jaar

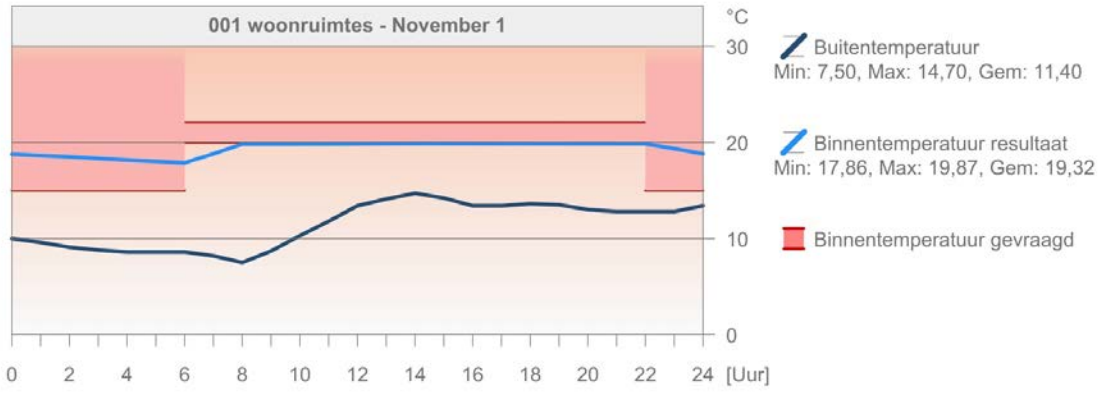
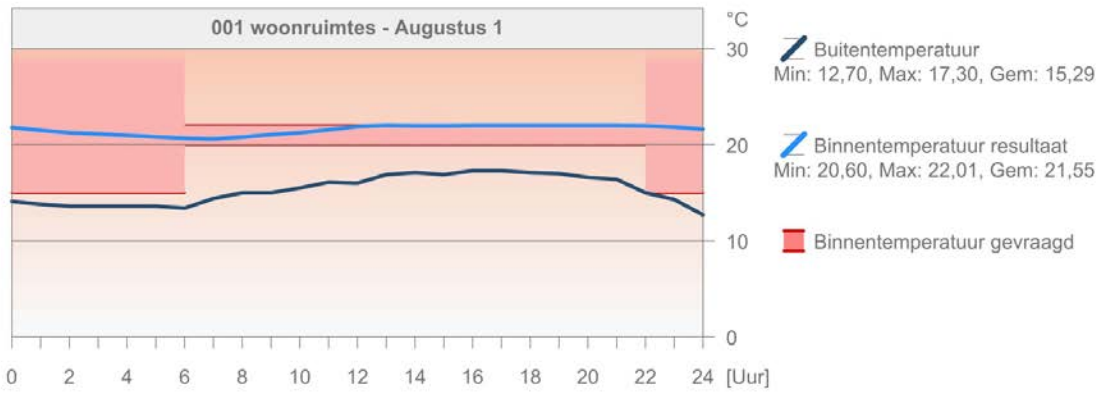
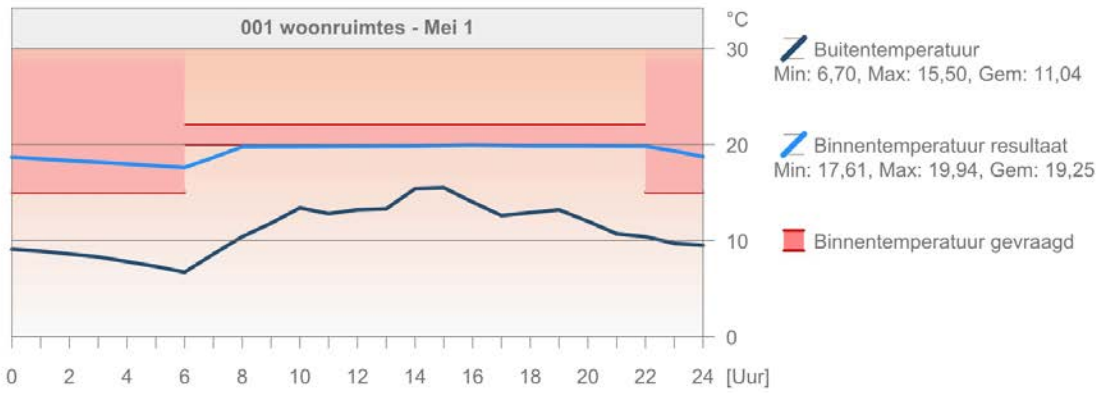
Verwarming: 349 uur
Koeling: 65 uur

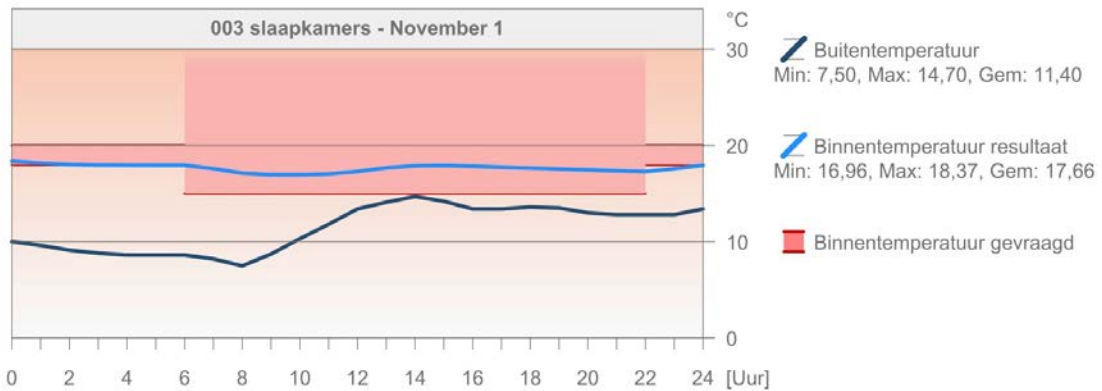
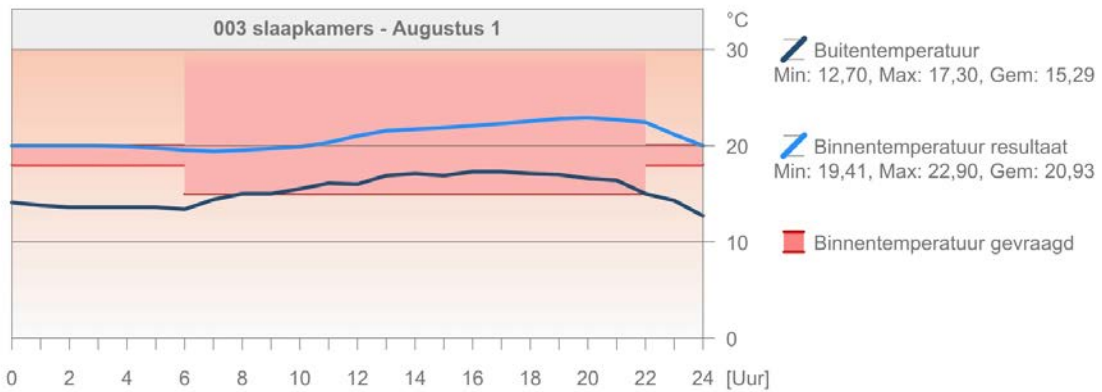
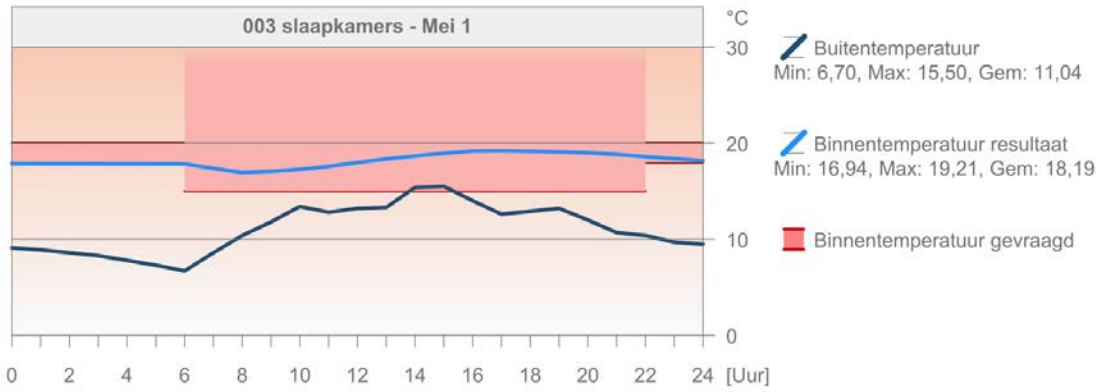
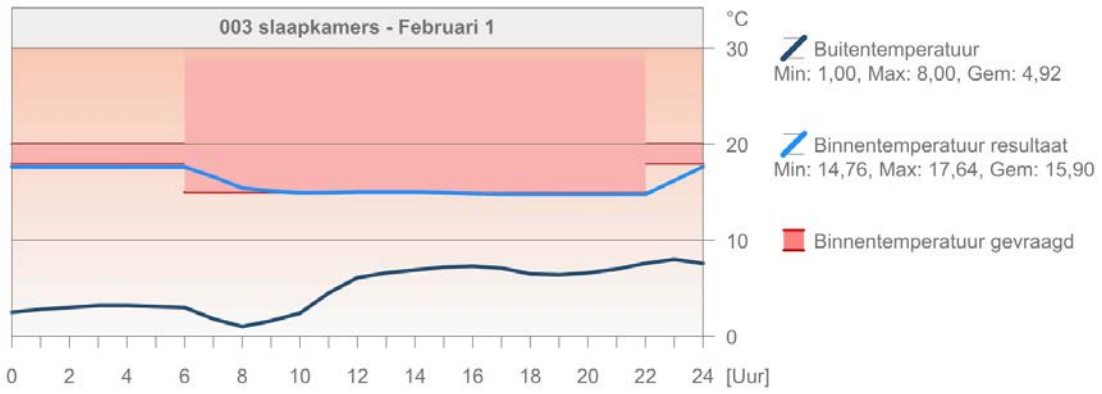
Energieverbruik per voorziening

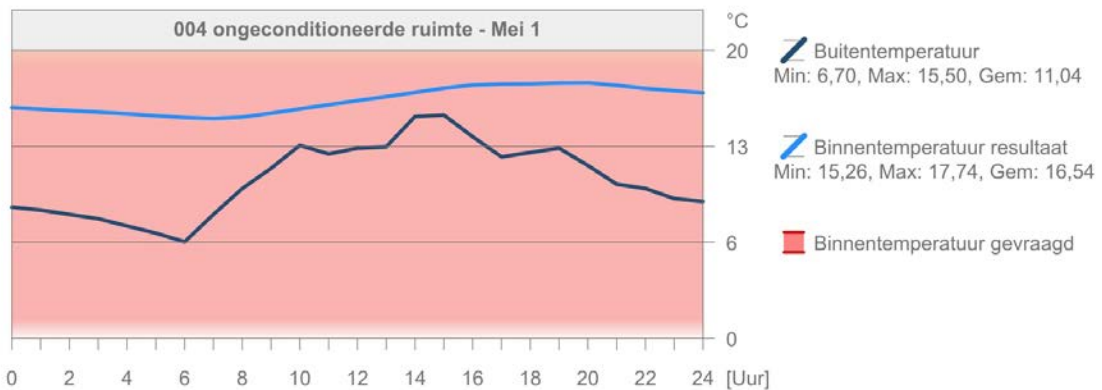
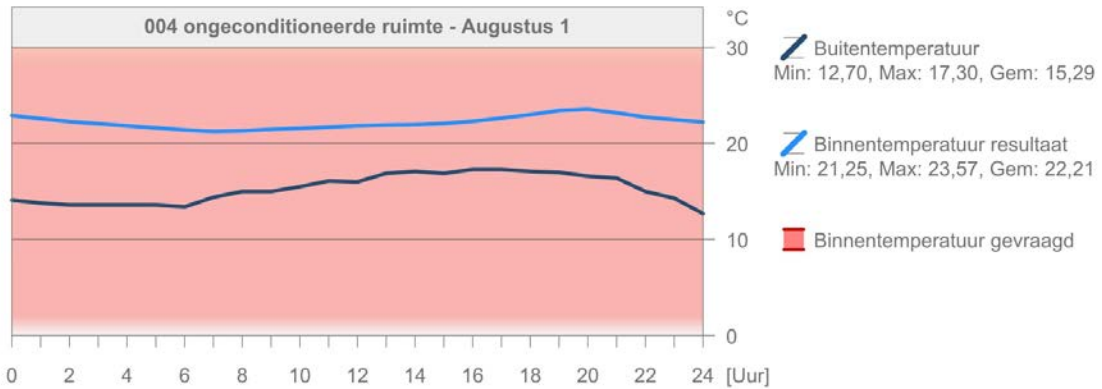
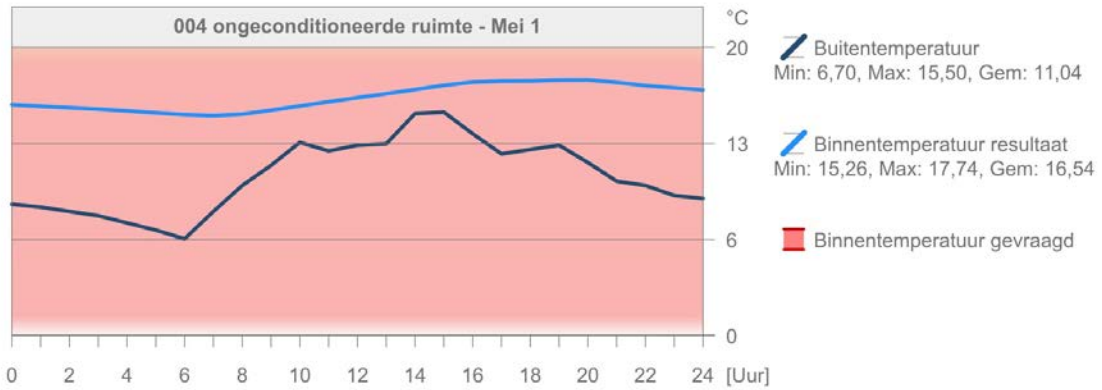
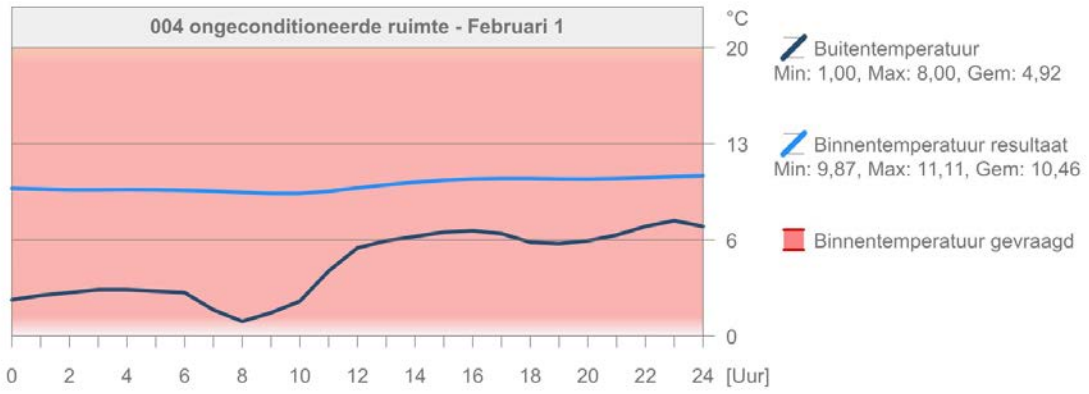
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	7711	8748	478	1665
Koeling	1044	2150	47	59
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	8911	11366	551	1759

Temperatuurprofiel per dag



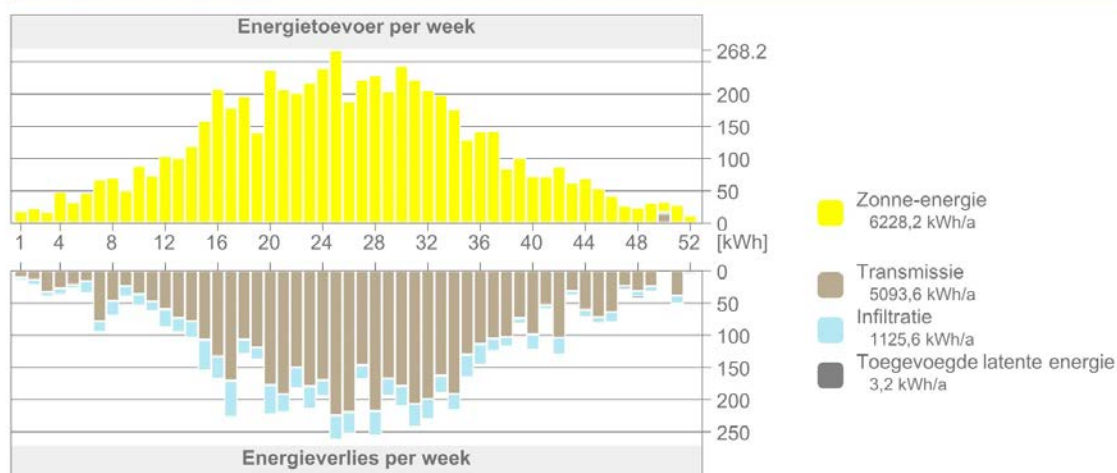






Bijlage 25: resultaten van de simulatie 3.13 voor de EHP woning waarbij de ramen maximaal isoleren en 3dubbel glas geplaatst is zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	6.0 10:00 feb 20	41.1 20:00 juni 25
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	6.2 09:00 feb 18	35.9 20:00 juni 25
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	4.6 09:00 feb 17	34.6 20:00 juli 29
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	6.3 09:00 feb 20	36.9 20:00 juli 11
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

Aantal gebruiksuren per jaar:

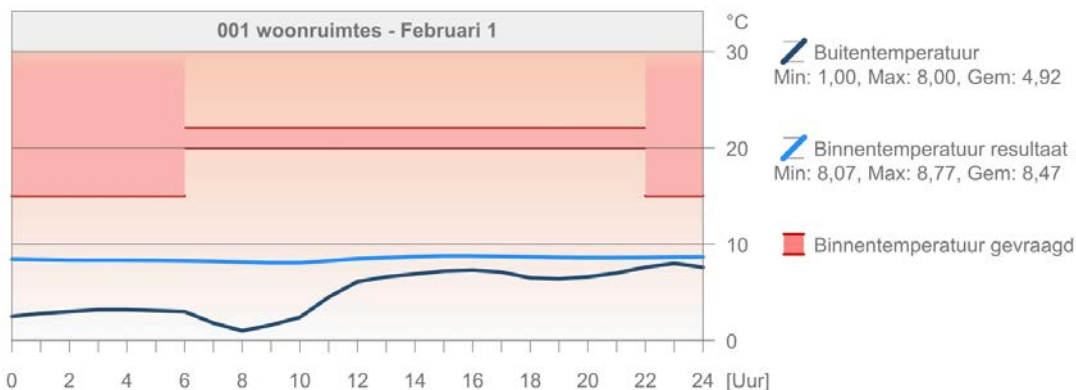
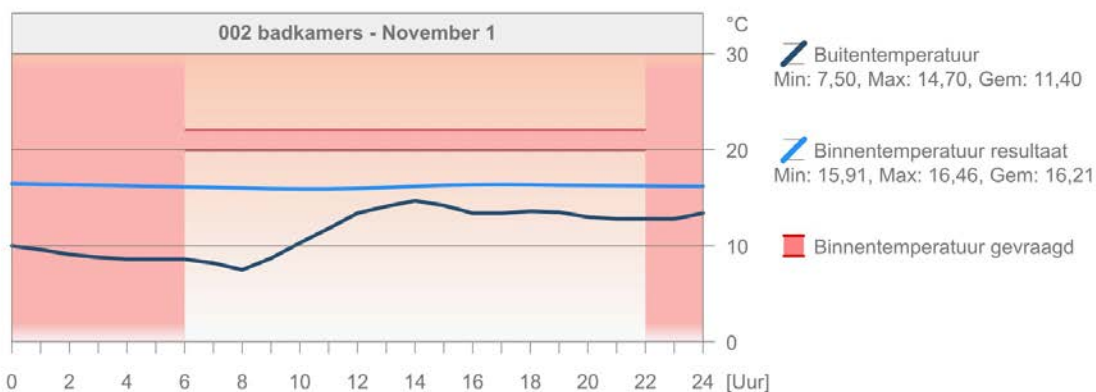
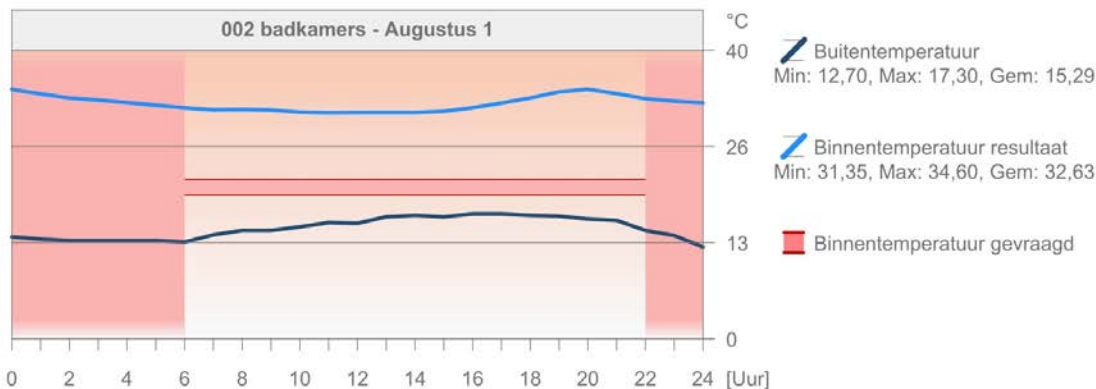
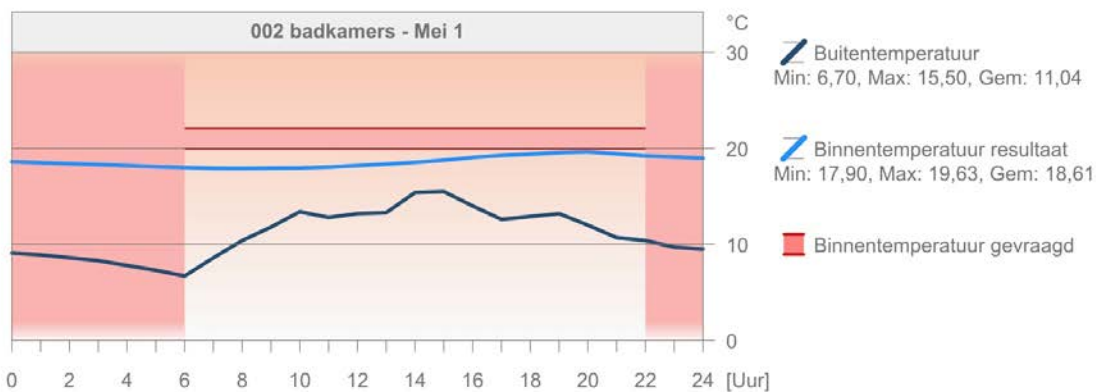
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

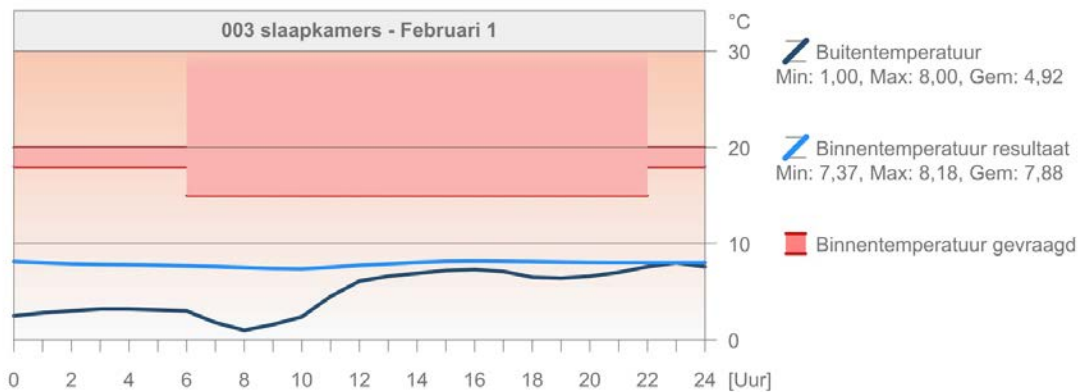
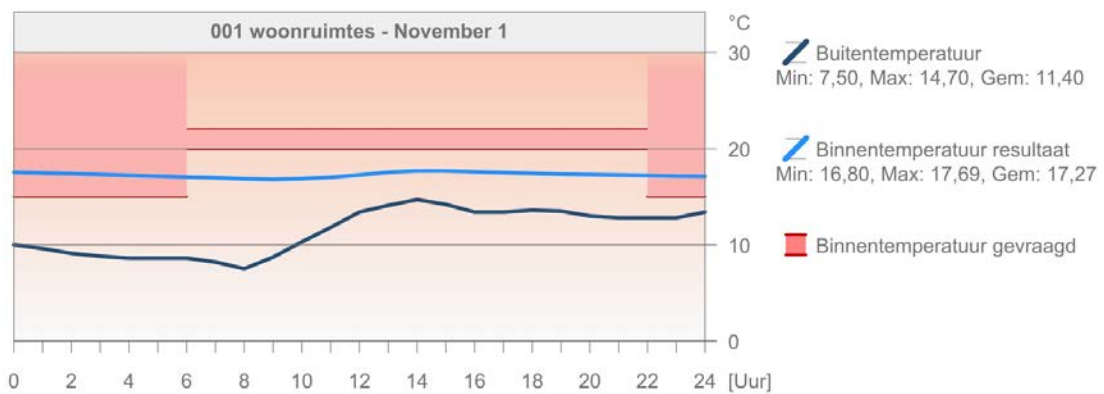
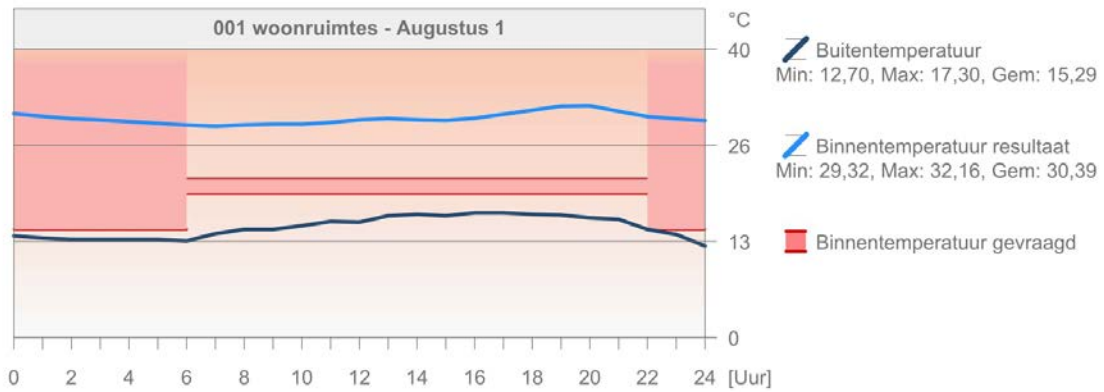
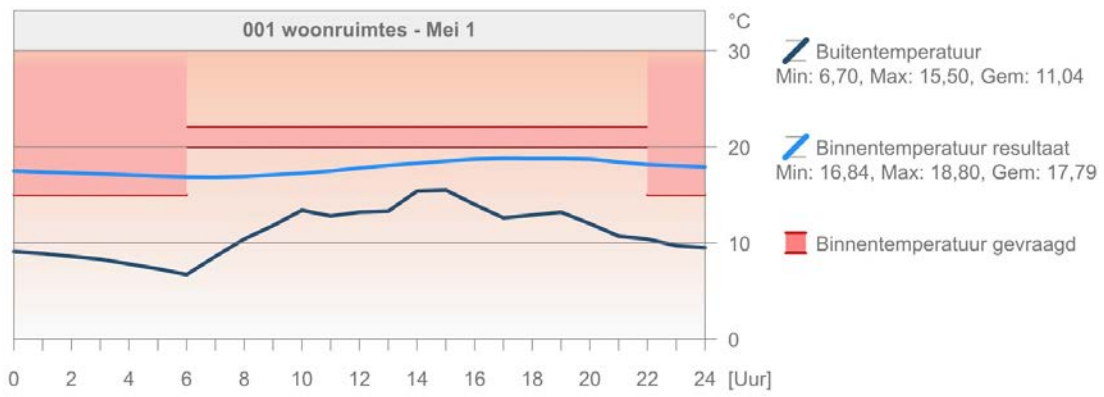
Onvervulde comforturen per jaar

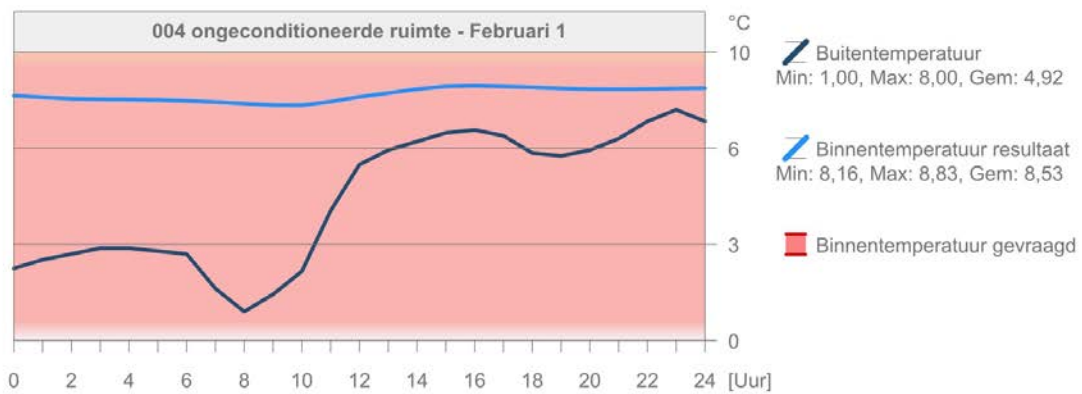
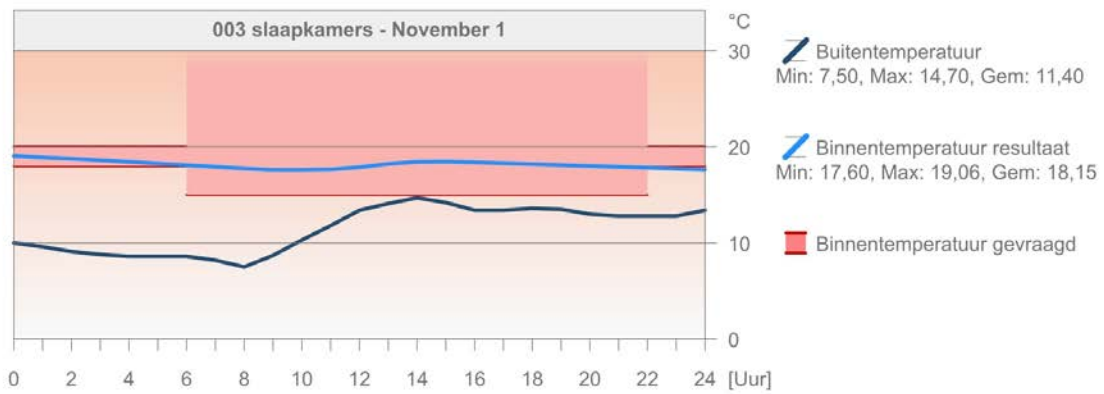
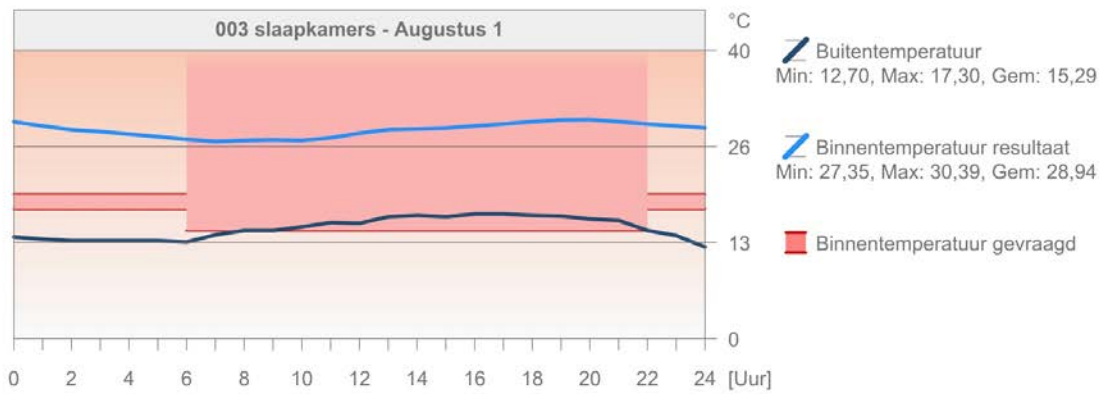
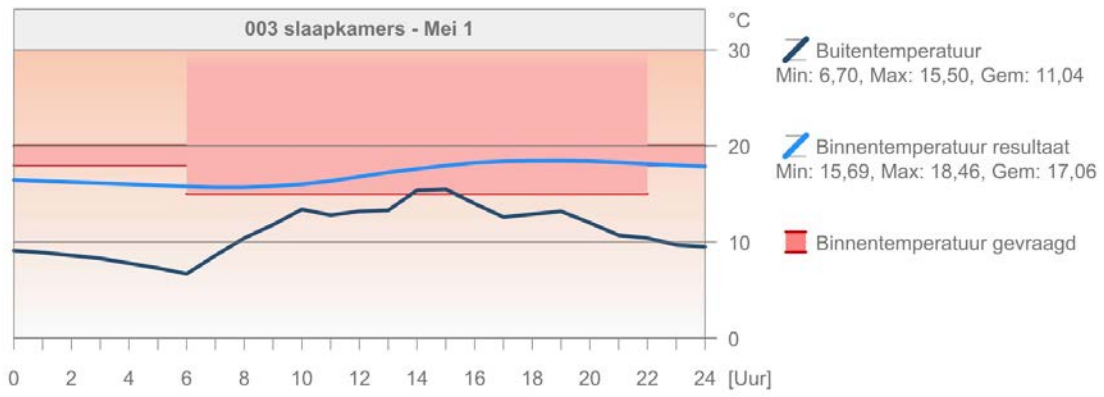
Verwarming: 4689 uur
Koeling: 3189 uur

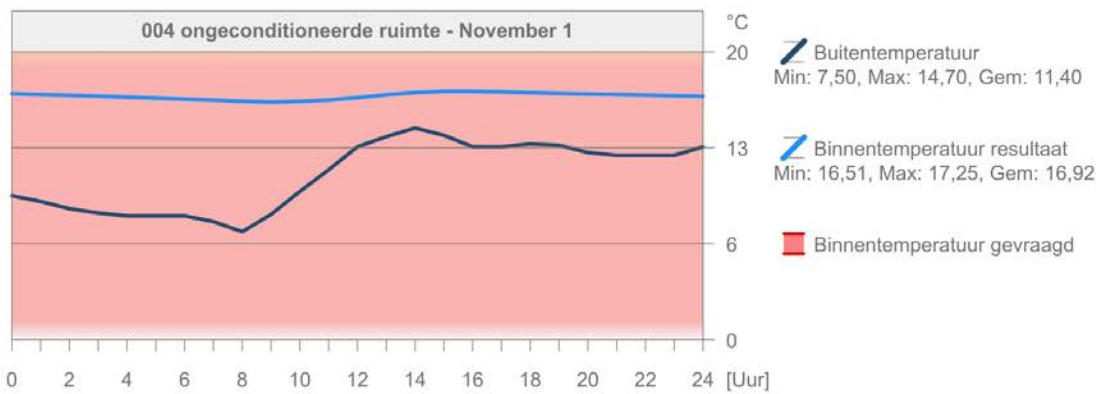
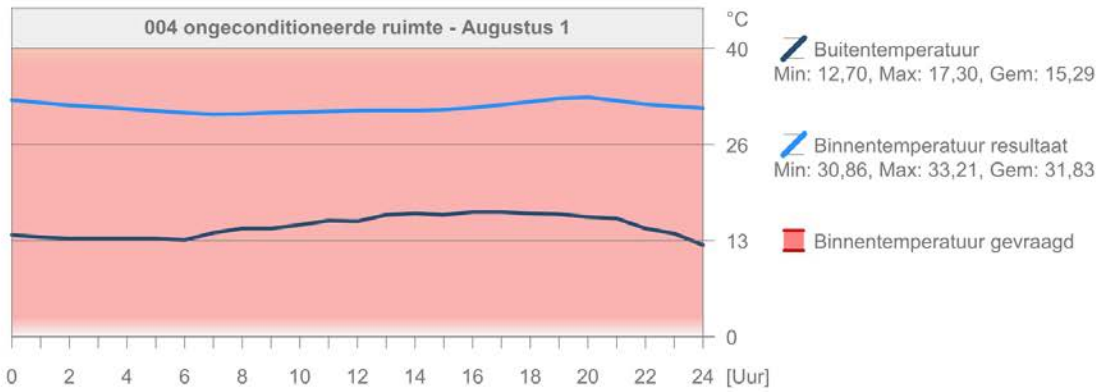
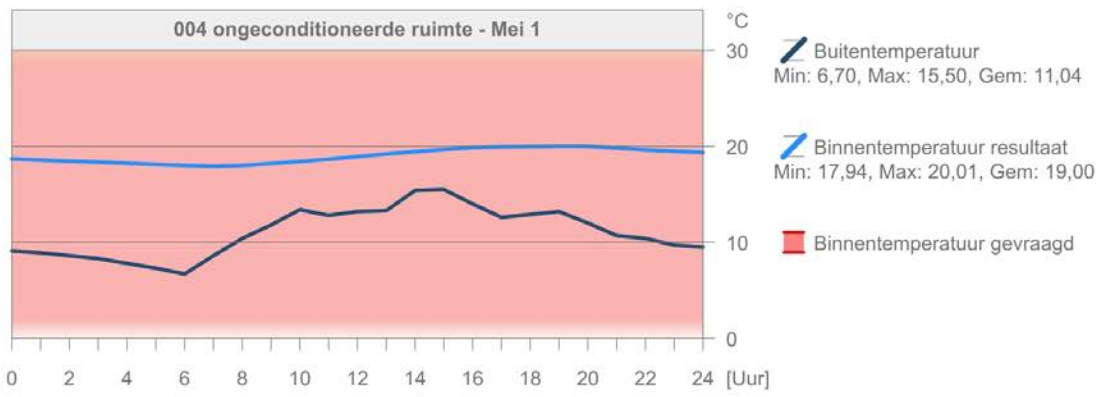
Temperatuurprofiel per dag





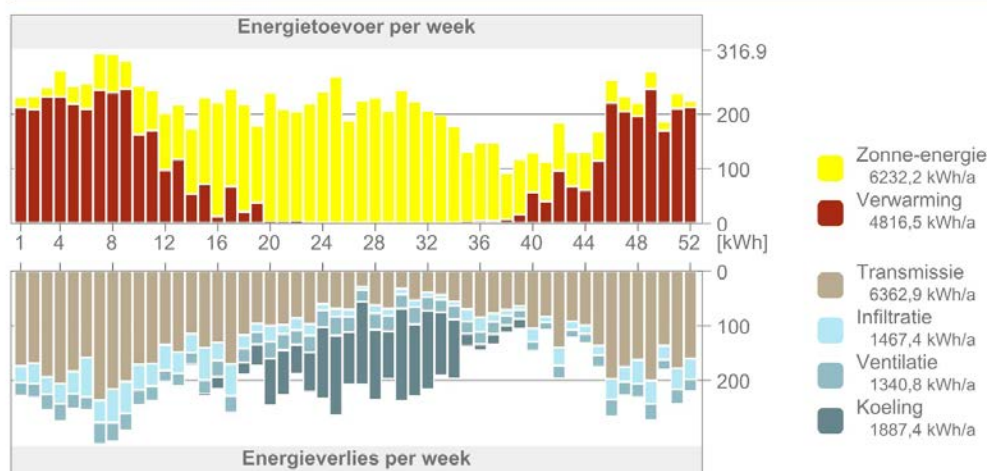






Bijlage 26: resultaten van de simulatie 3.13 voor de EHP woning waarbij de ramen maximaal isoleren en drievoudig glas geplaatst is met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarming		Koel		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	457	0.3 07:00 nov 15	83	0.5 20:00 juli 05	16.8 06:00 mrt 01	23.6 24:00 juli 05
001 woonruimtes	3271	2.7 07:00 feb 17	1302	3.9 19:00 juli 05	16.1 06:00 feb 17	23.7 24:00 juli 05
003 slaapkamers	1088	1.6 23:00 feb 08	501	2.7 23:00 juli 05	14.7 22:00 dec 03	27.9 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	10.1 09:00 feb 17	30.5 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	4816	3.0 07:00 feb 17	1887	4.4 19:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6243 uur
Koeling: 2383 uur

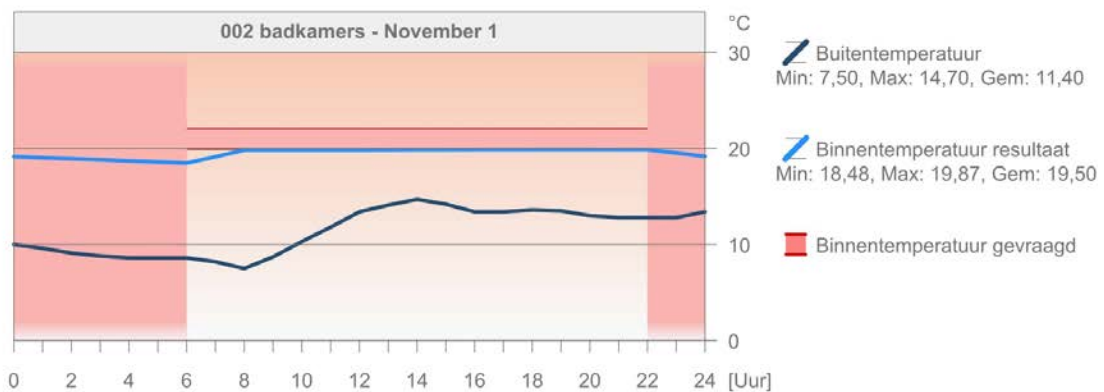
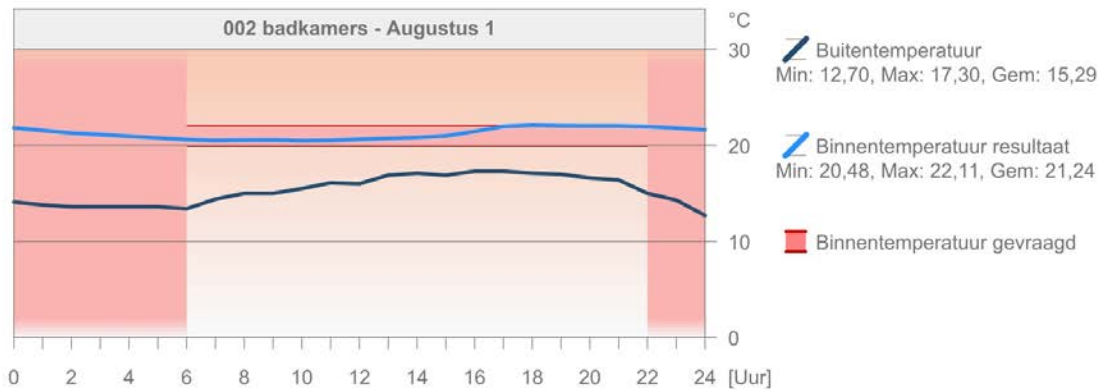
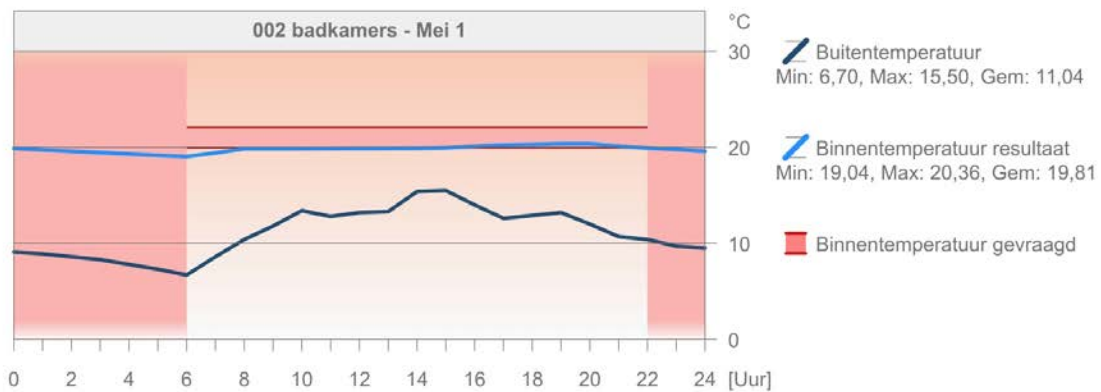
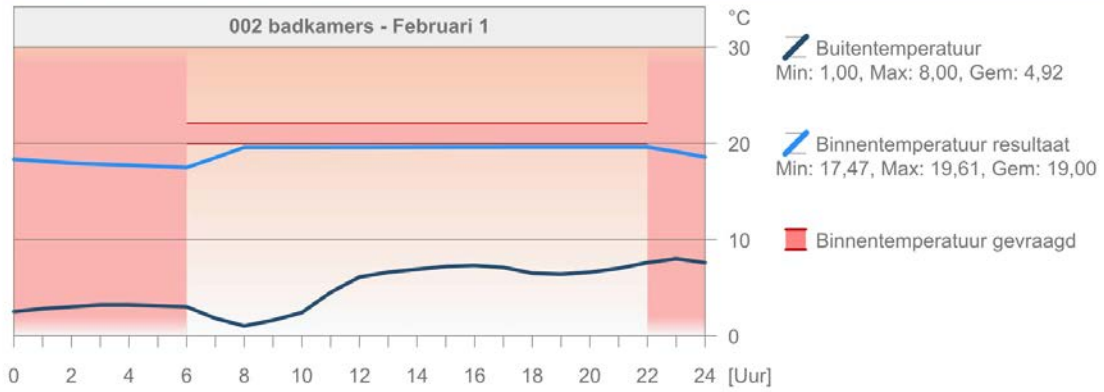
Onvervulde comforturen per jaar

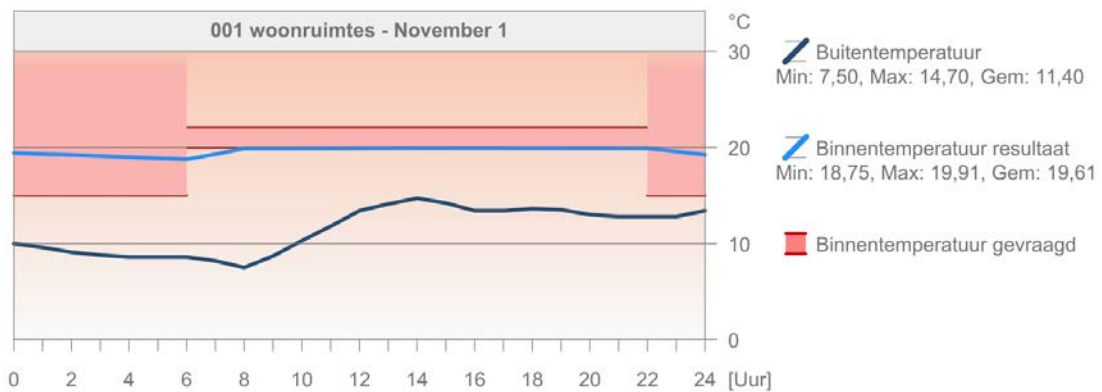
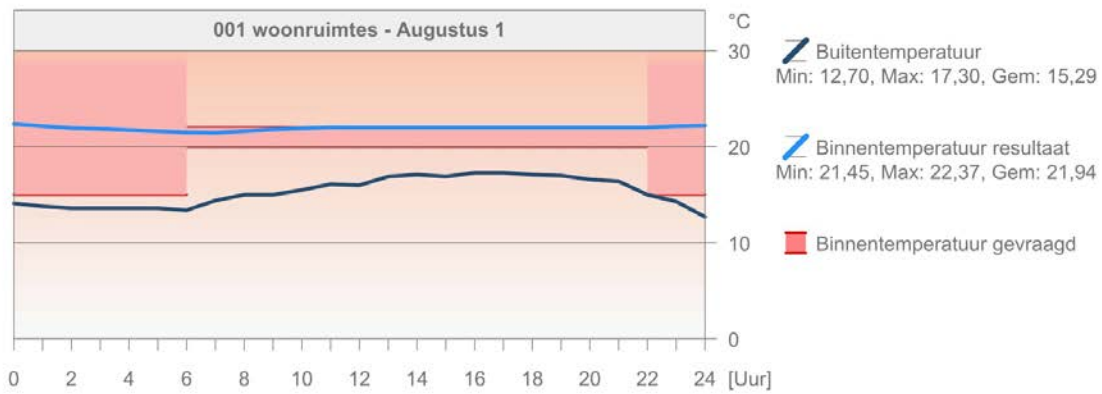
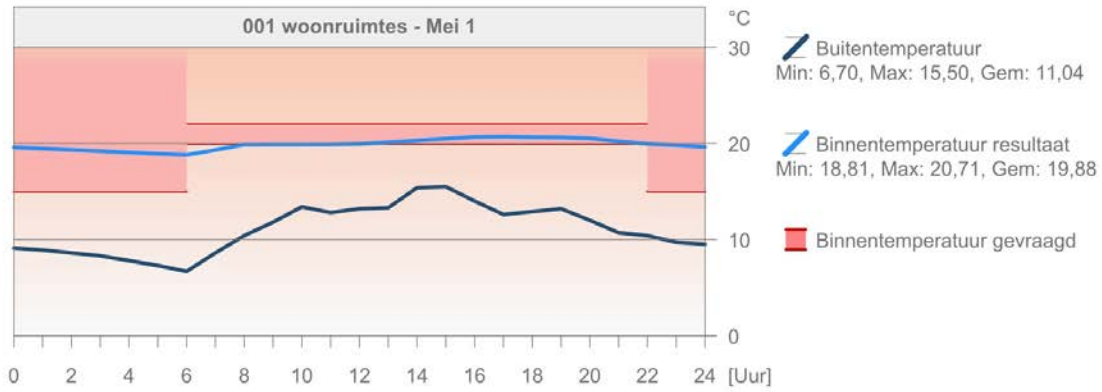
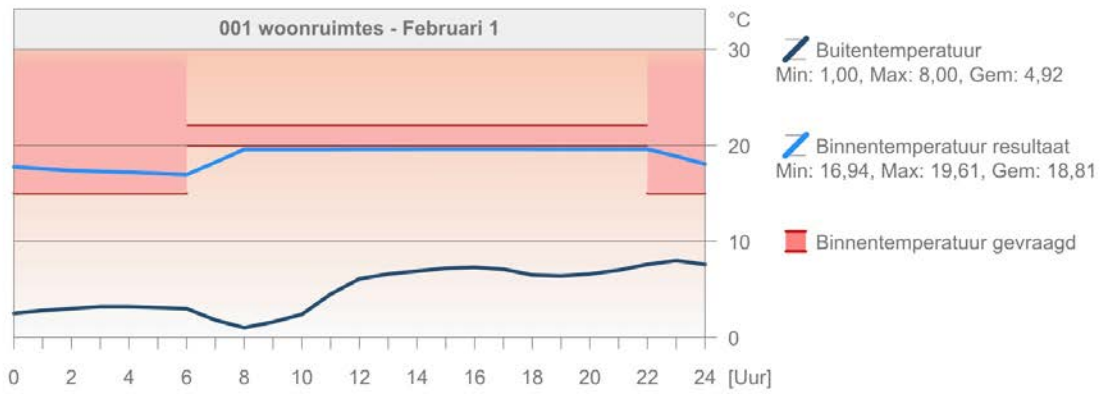
Verwarming: 271 uur
Koeling: 97 uur

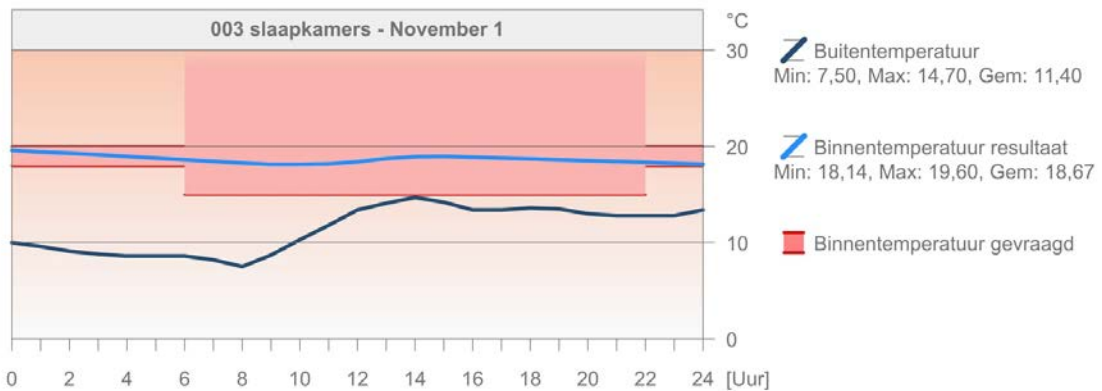
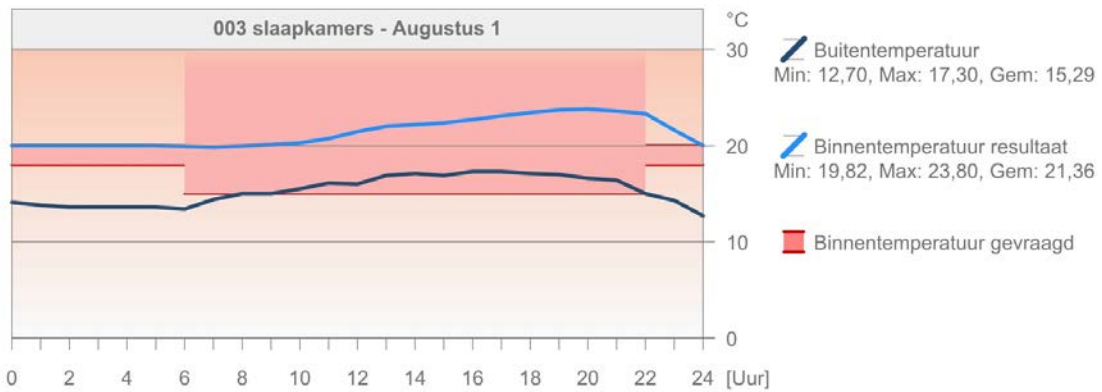
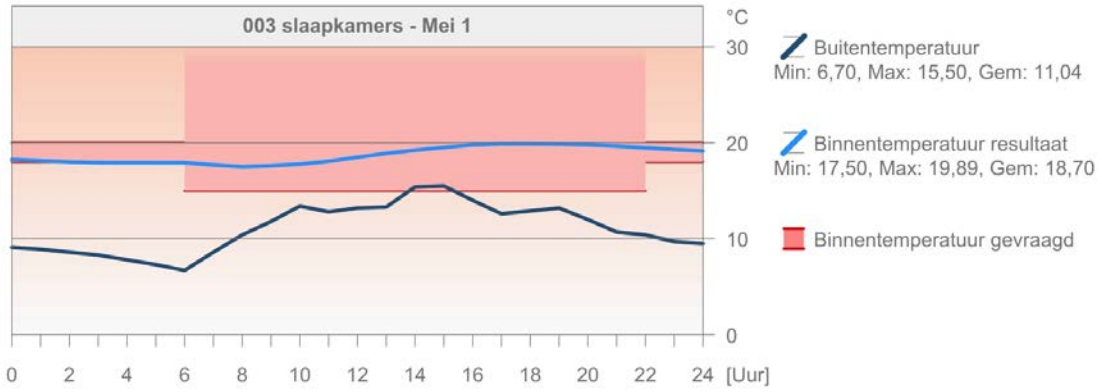
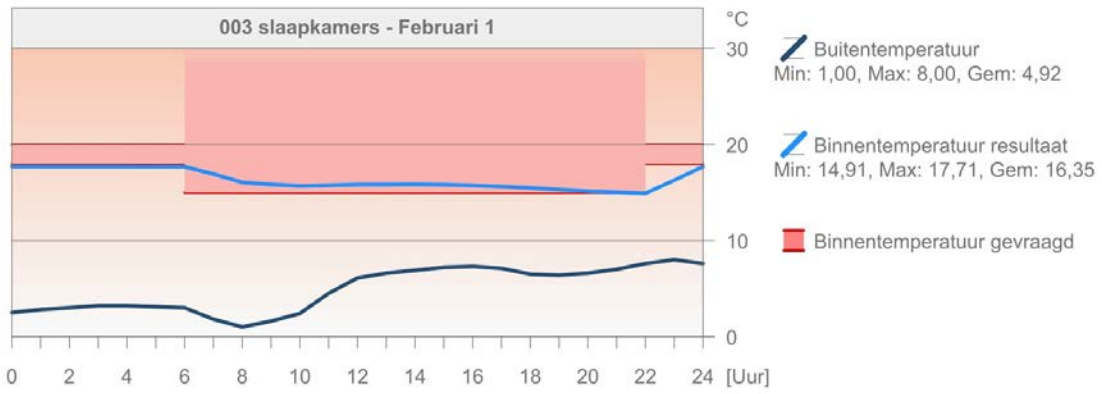
Energieverbruik per voorziening

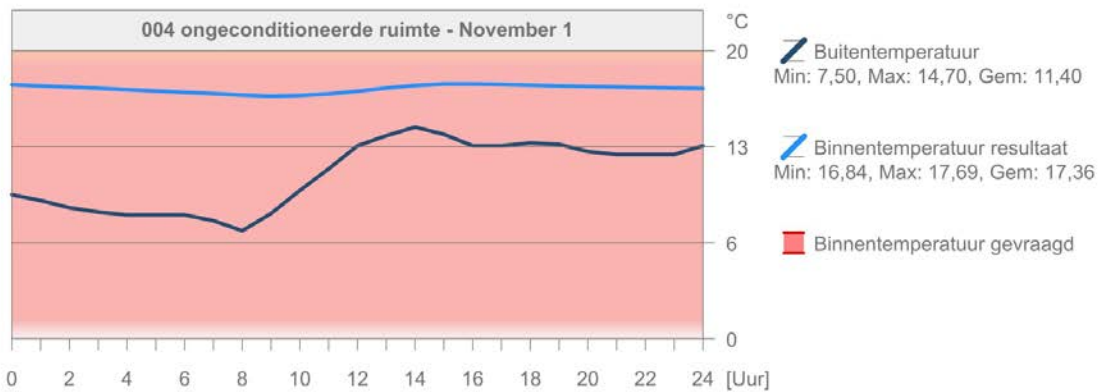
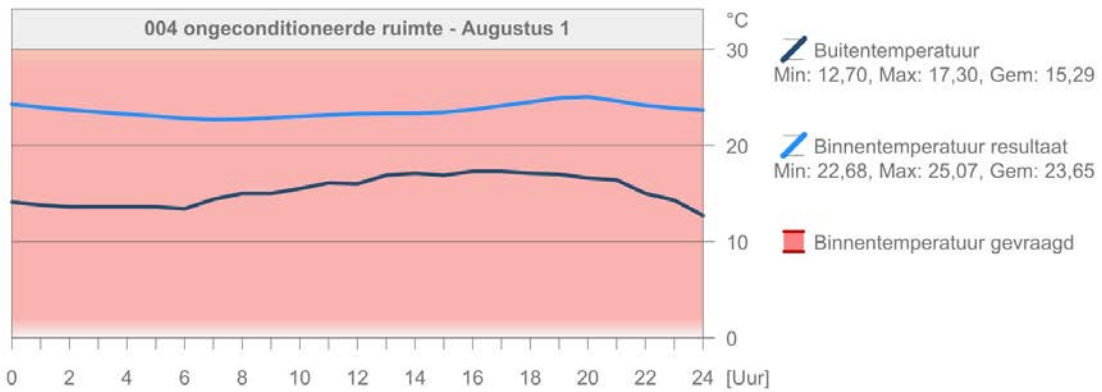
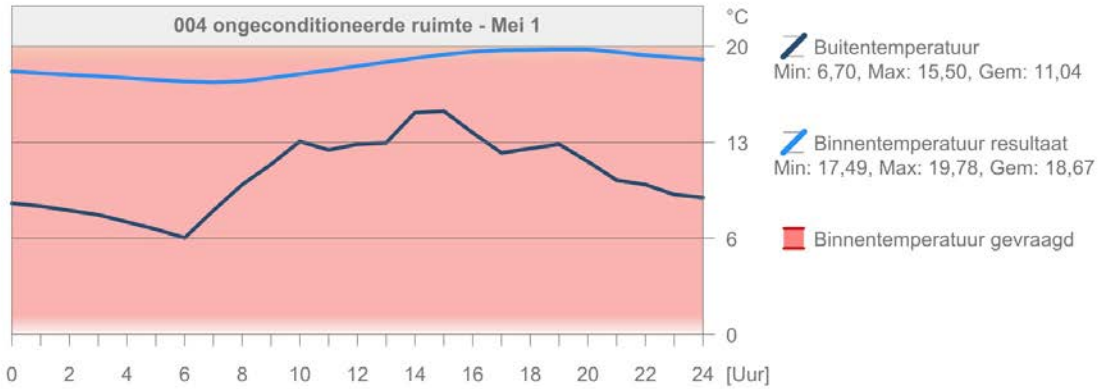
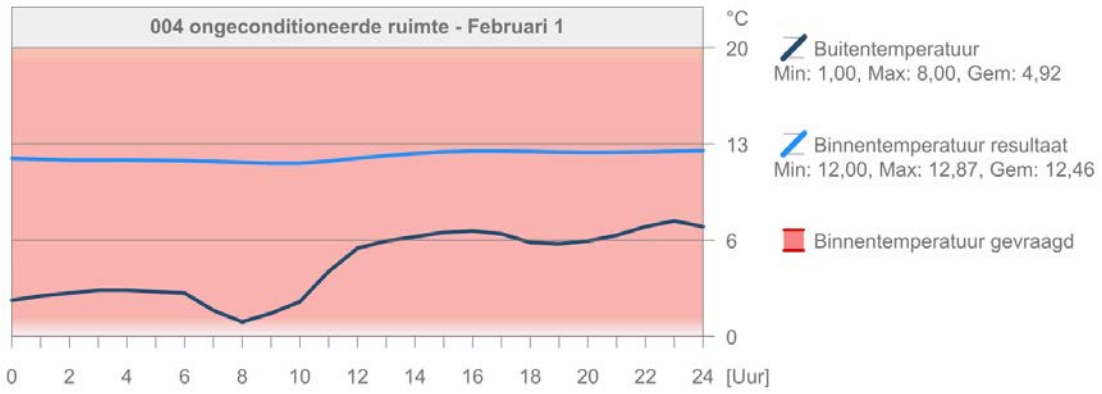
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie kg/j
	Hoeveelheid kWh/j	Primair kWh/j	Kosten EUR/j	
Verwarming	4816	5458	298	1040
Koeling	1887	3724	78	99
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	6859	9650	402	1173

Temperatuurprofiel per dag



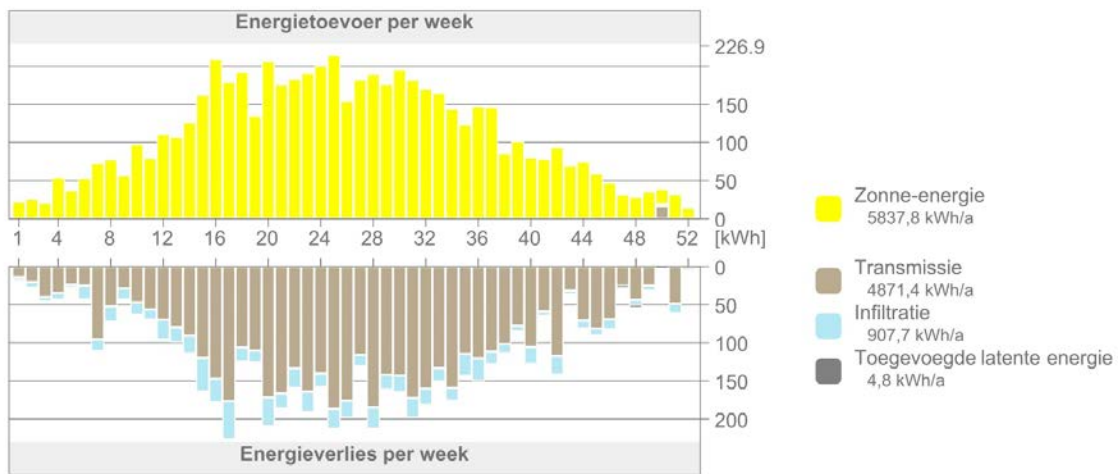






Bijlage 27: resultaten van de simulatie 3.14 voor de EHP woning waarbij aan de noordkant de ramen maximaal isoleren, driefoudig glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingsvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	3.6 09:00 feb 20	35.1 20:00 juli 05
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	4.1 09:00 feb 18	30.4 19:00 juli 29
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	2.7 09:00 feb 17	29.5 20:00 juli 29
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	4.2 09:00 feb 20	32.1 20:00 juli 11
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

Aantal gebruiksuren per jaar:

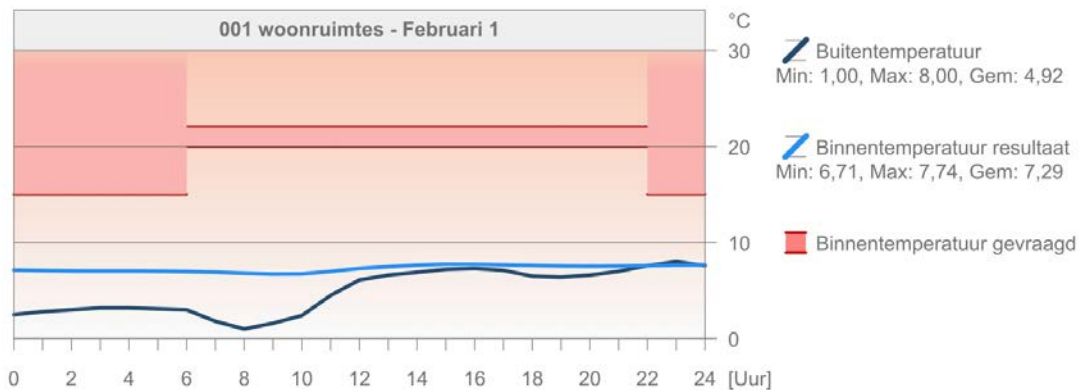
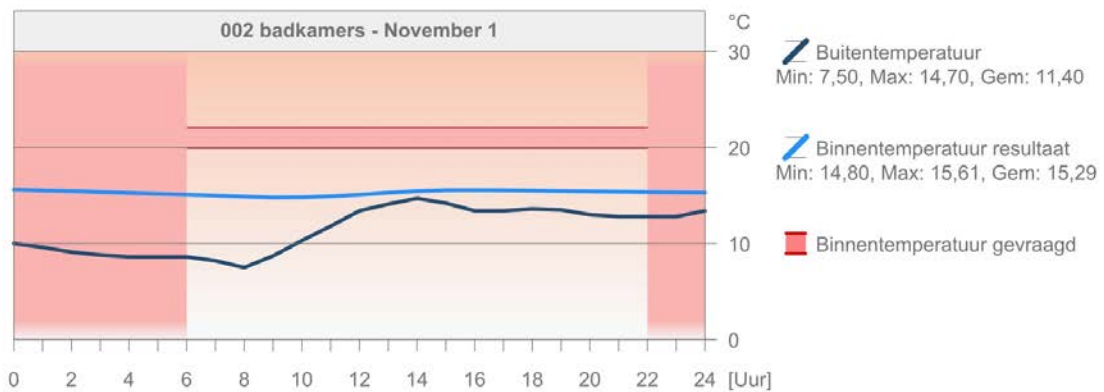
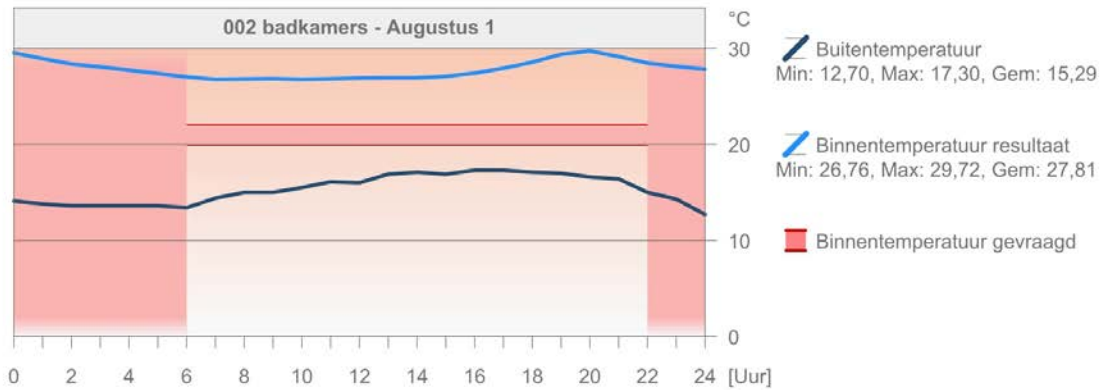
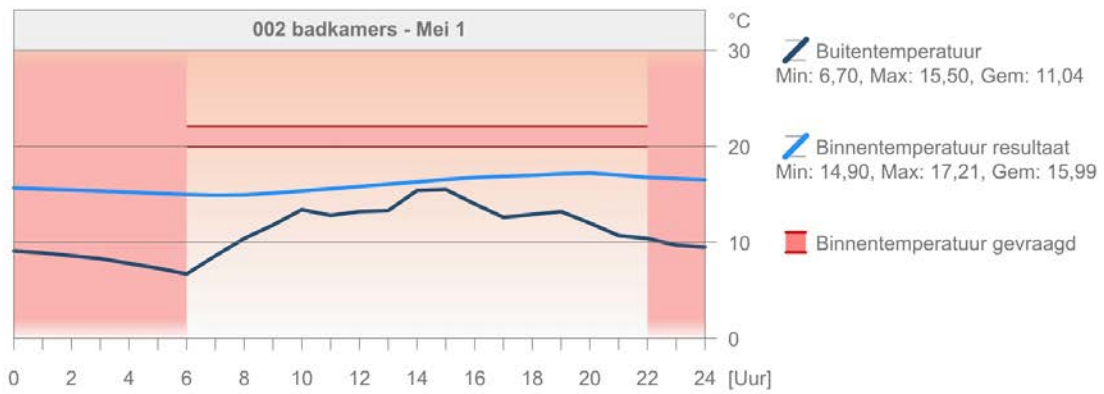
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

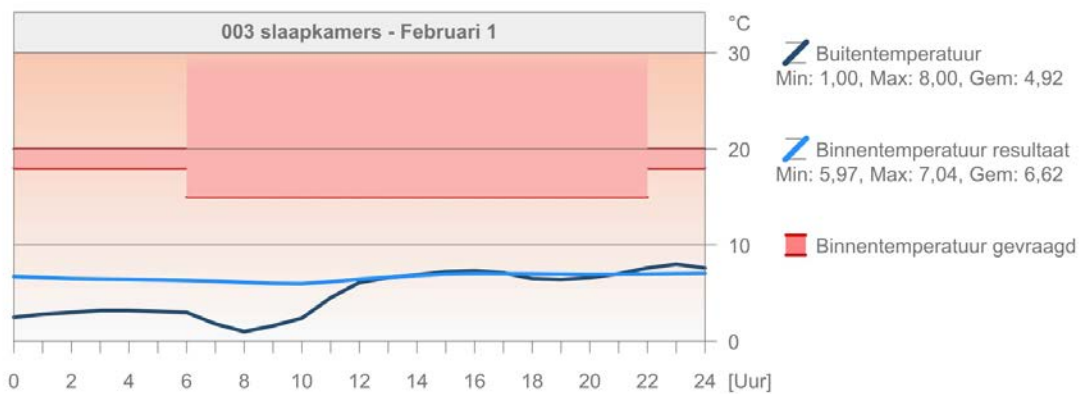
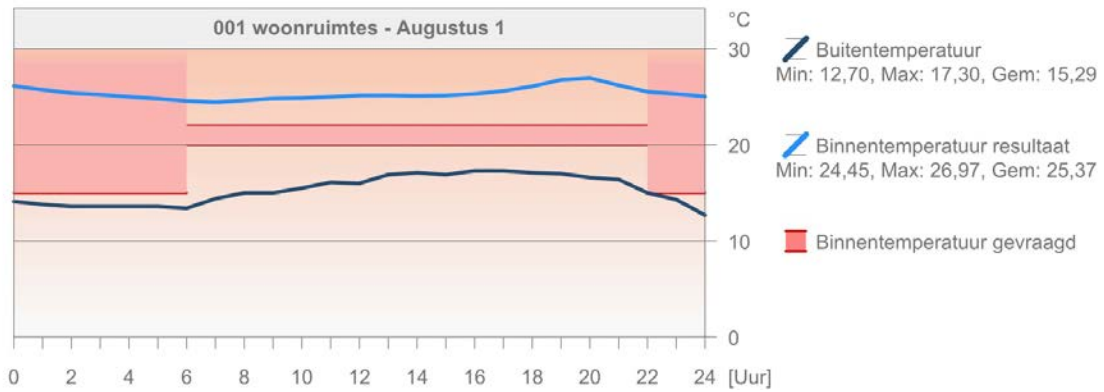
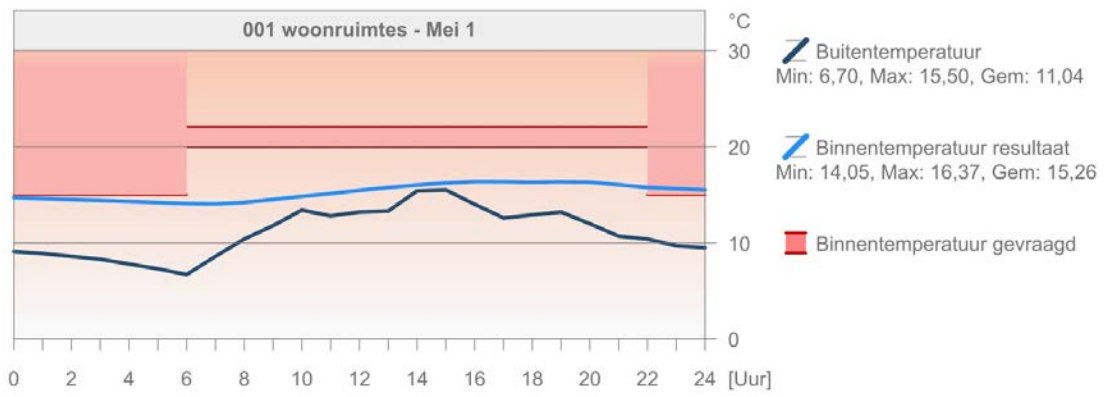
Onvervulde comforturen per jaar

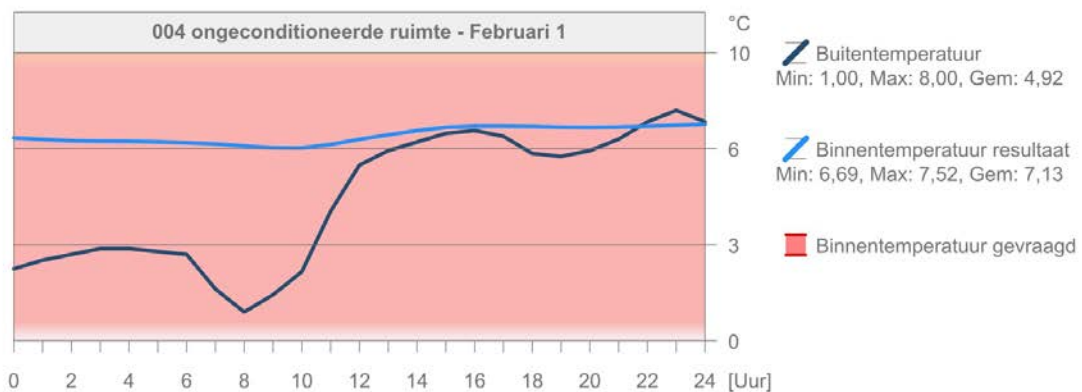
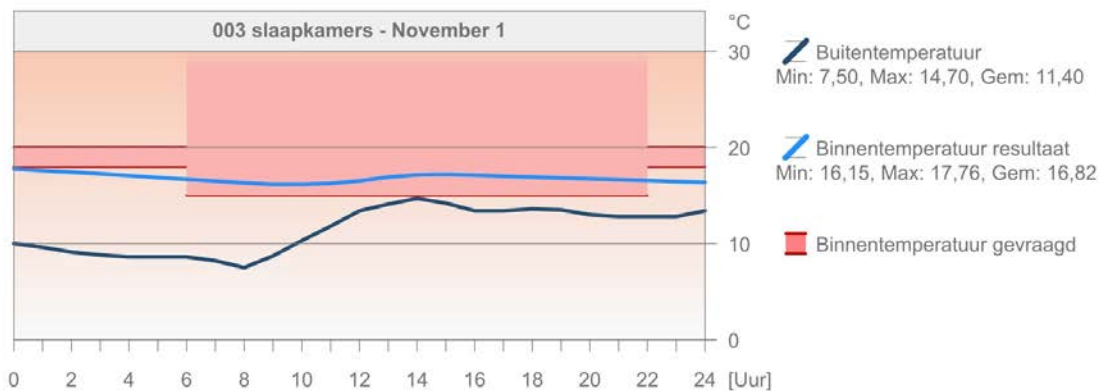
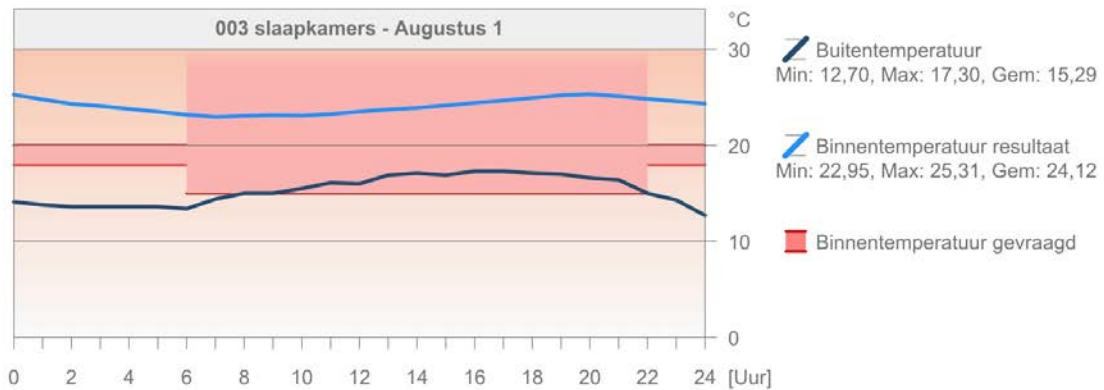
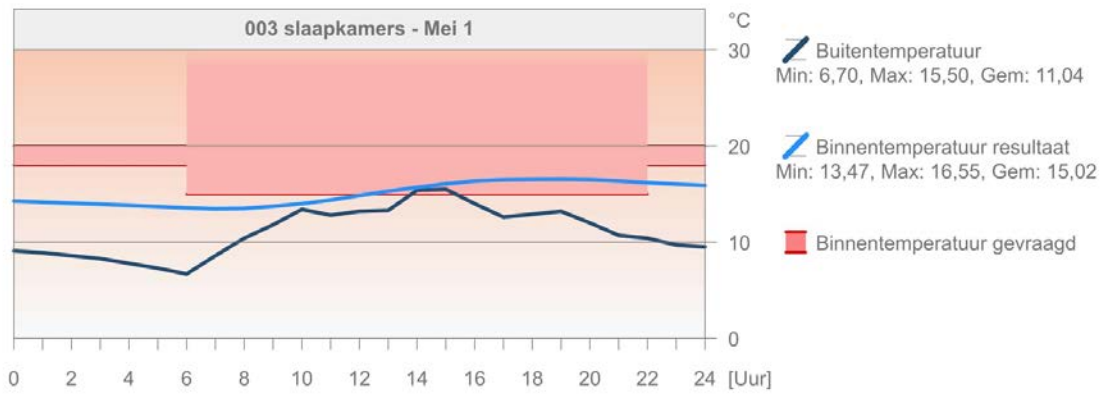
Verwarming: 5116 uur
Koeling: 2344 uur

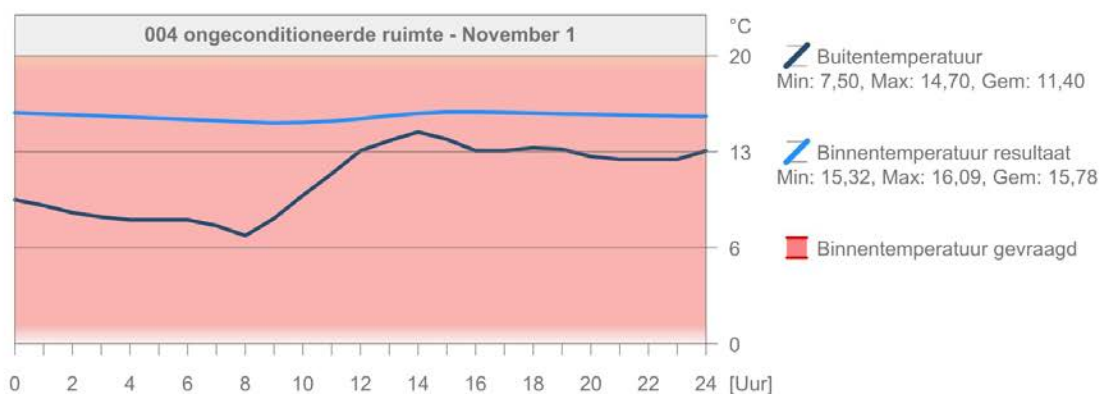
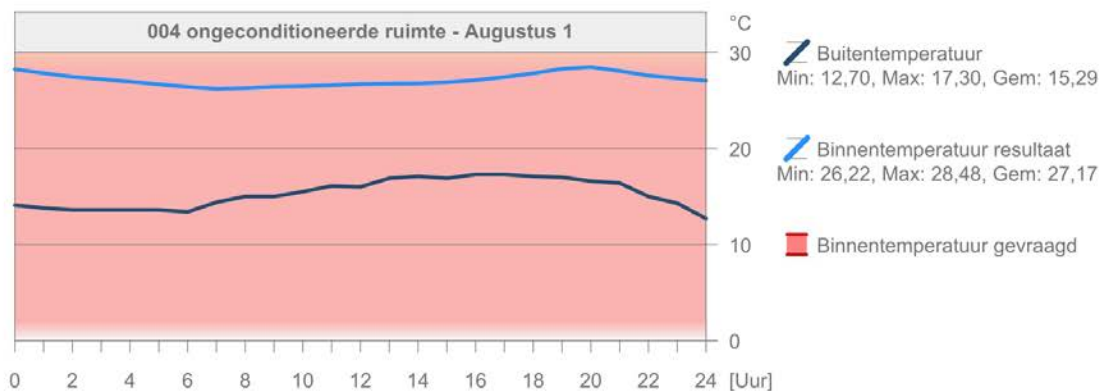
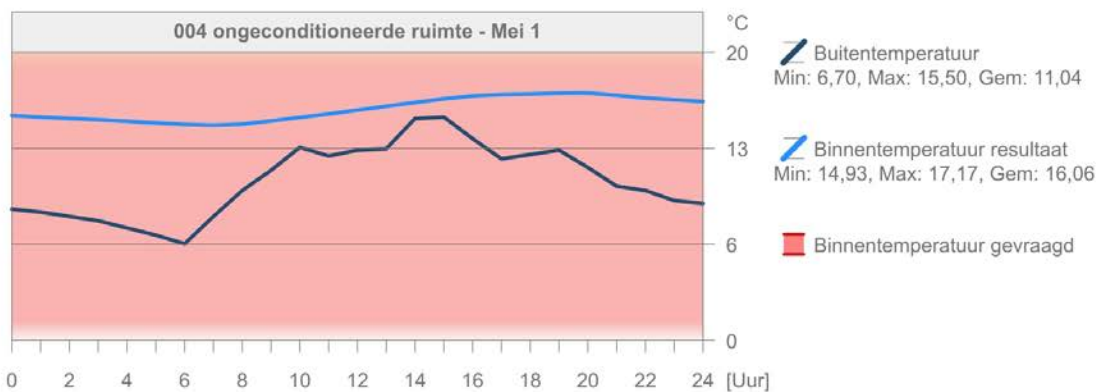
Temperatuurprofiel per dag





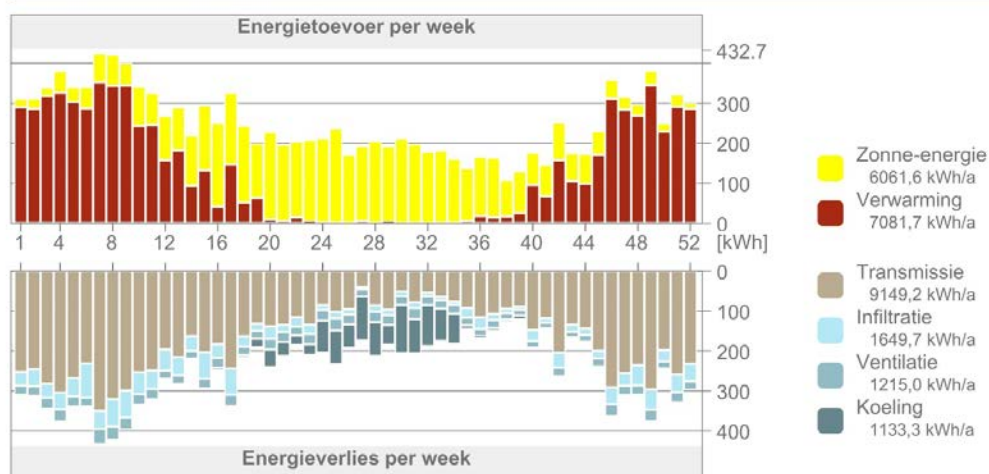






Bijlage 28: resultaten van de simulatie 3.14 voor de EHP woning waarbij aan de noordkant de ramen maximaal isoleren, driefoudig glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingsvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	611	0,4 07:00 nov 15	69	0,5 19:00 juli 05	15,6 06:00 nov 15	23,5 24:00 juli 05
001 woonruimtes	4911	3,7 07:00 nov 15	749	3,6 19:00 juli 05	14,8 06:00 feb 17	23,4 24:00 juli 05
003 slaapkamers	1558	1,8 23:00 feb 08	314	2,4 23:00 juli 05	14,6 10:00 feb 17	26,9 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0,0 --	0	0,0 --	8,4 09:00 feb 20	29,5 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	7081	4,2 07:00 nov 15	1133	4,1 19:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6426 uur
Koeling: 1731 uur

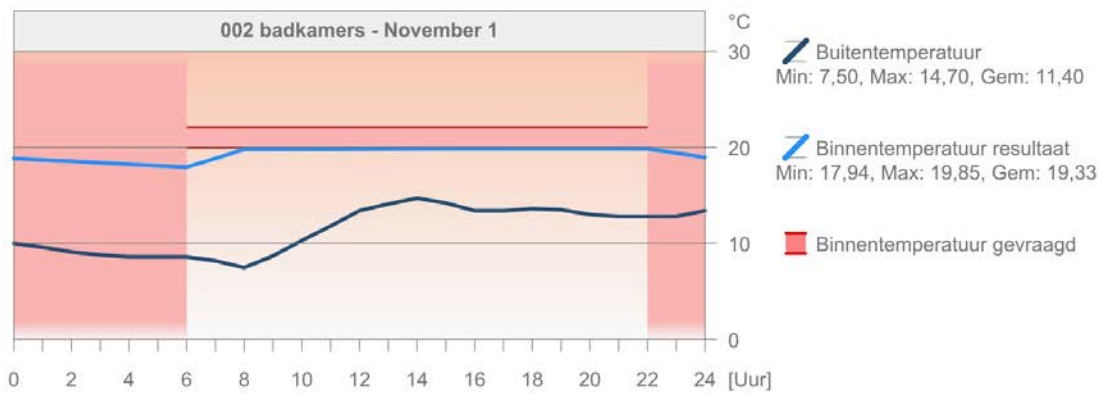
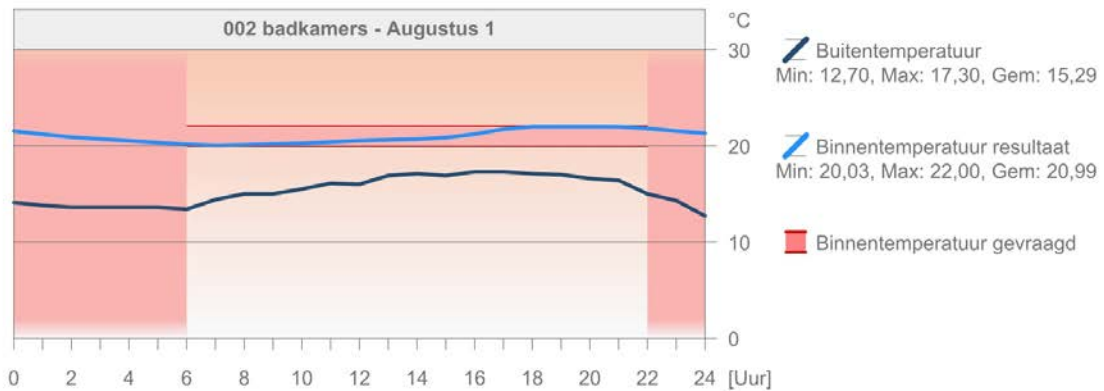
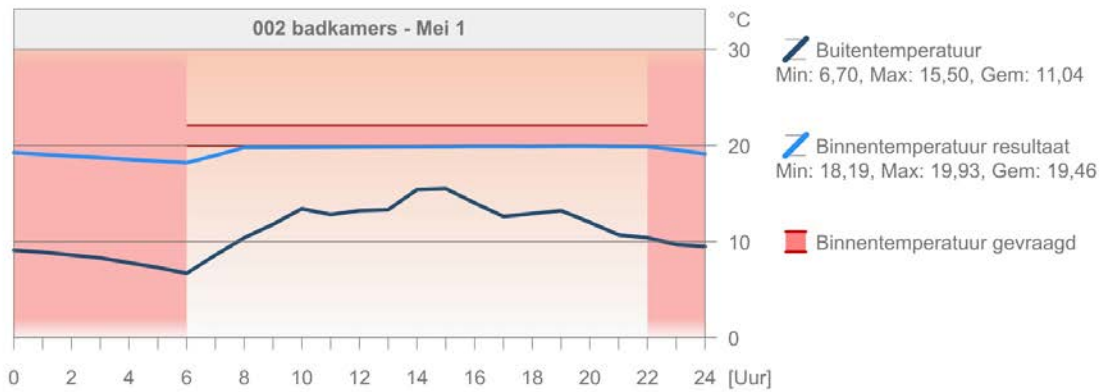
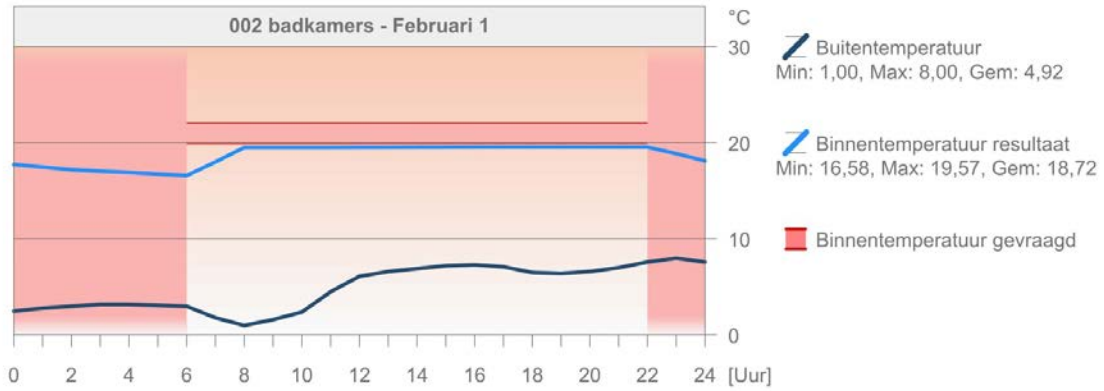
Onvervulde comforturen per jaar

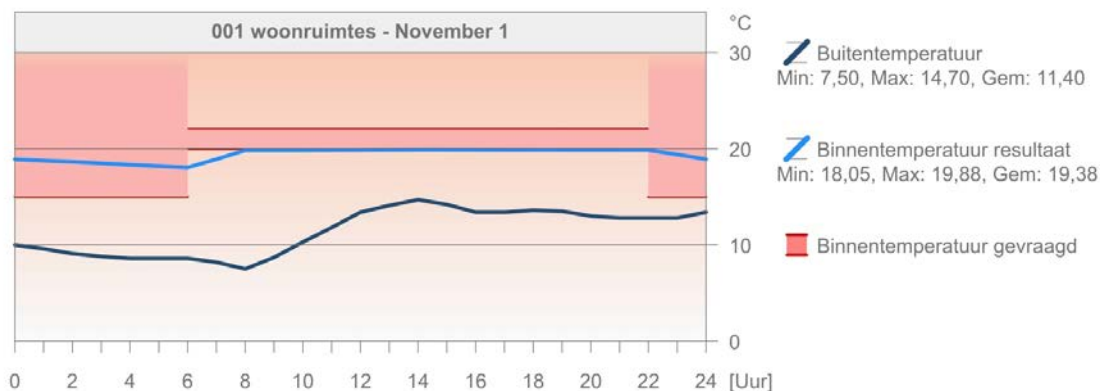
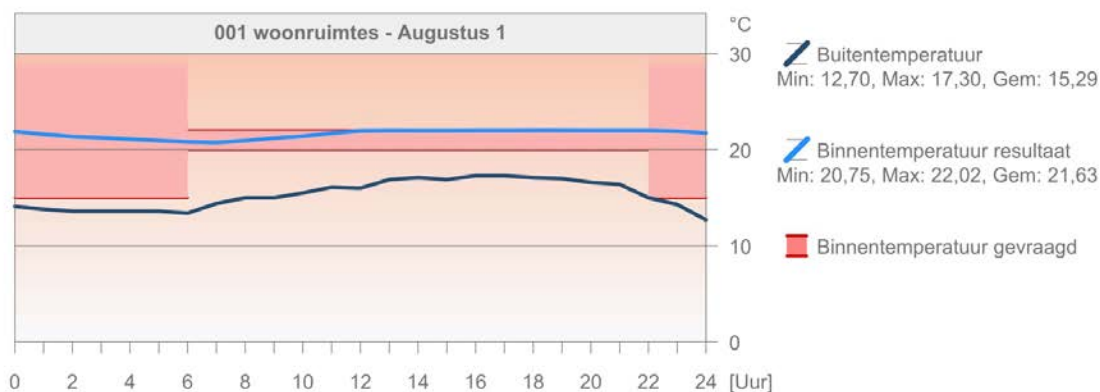
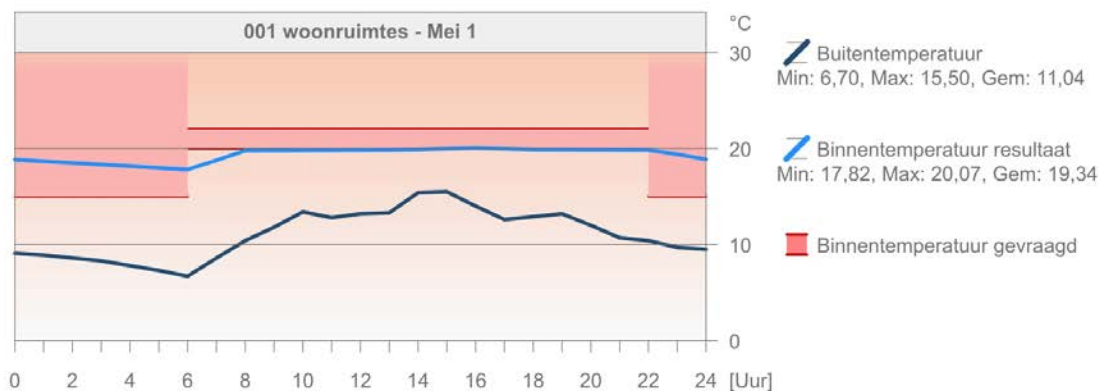
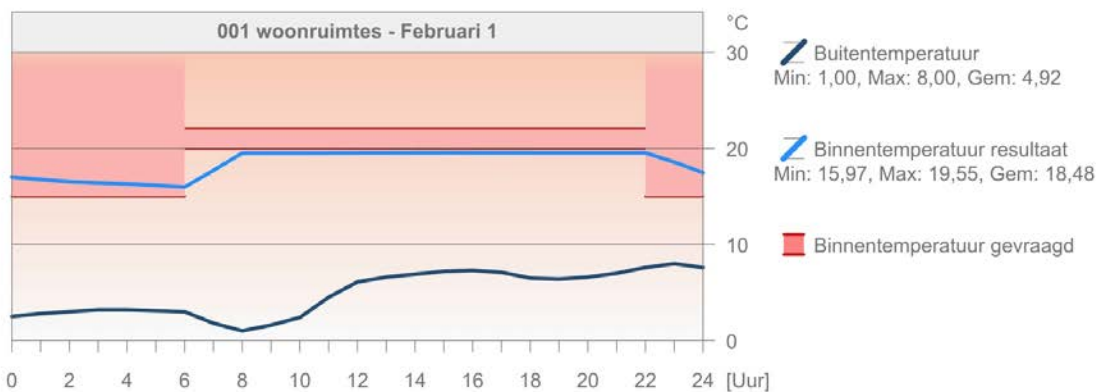
Verwarming: 336 uur
Koeling: 71 uur

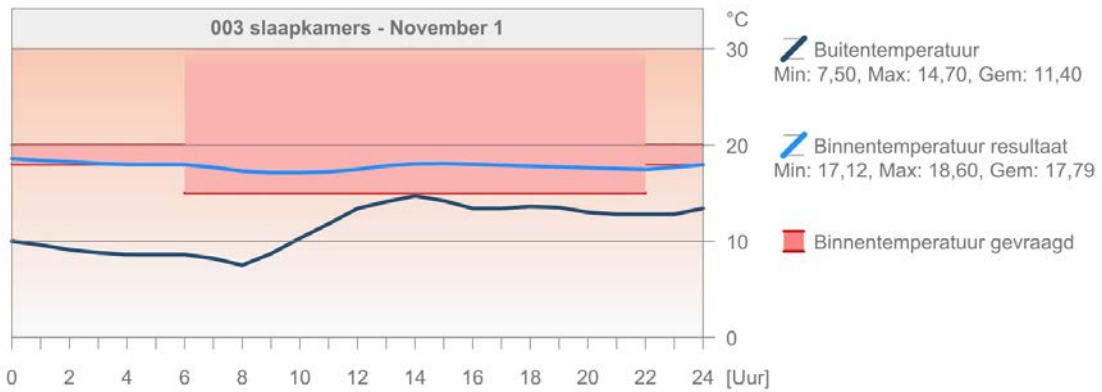
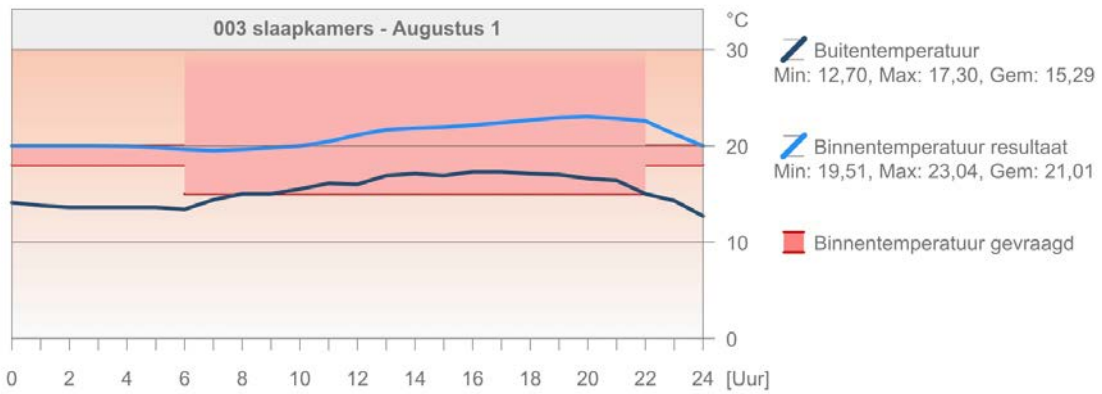
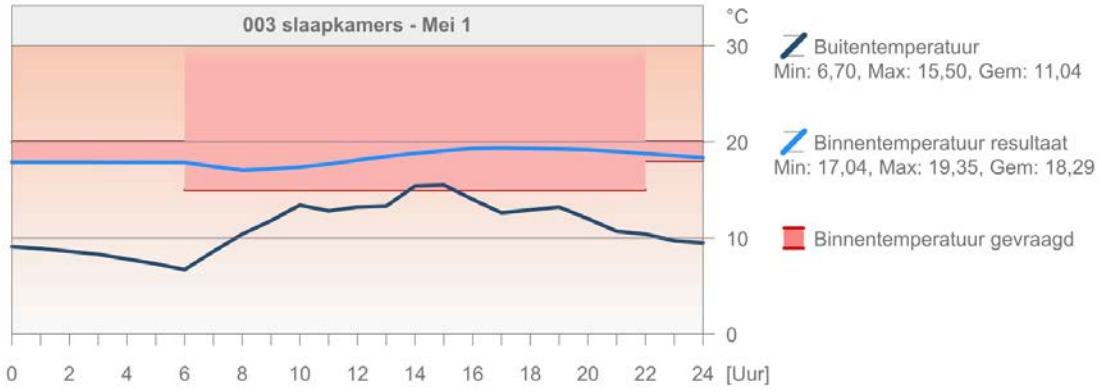
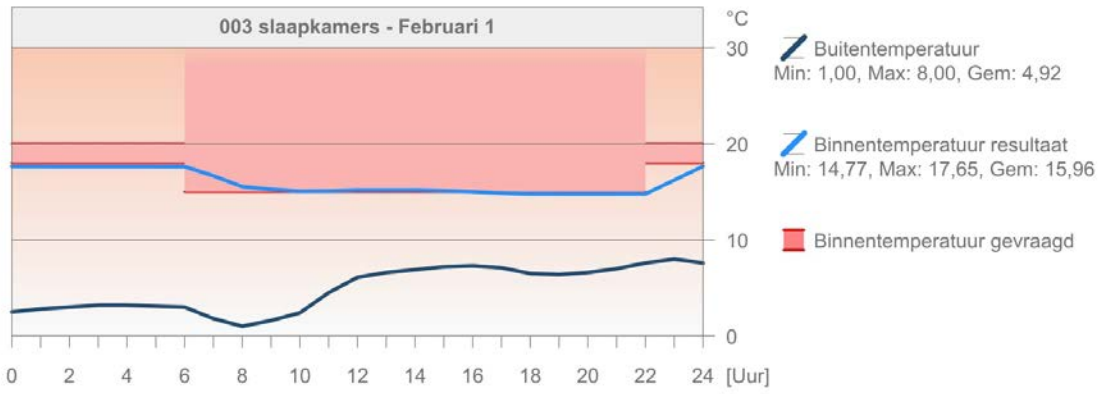
Energieverbruik per voorziening

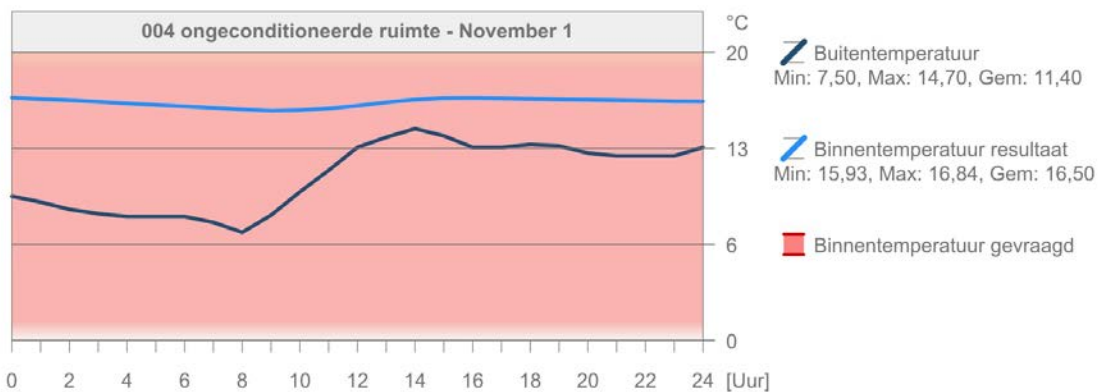
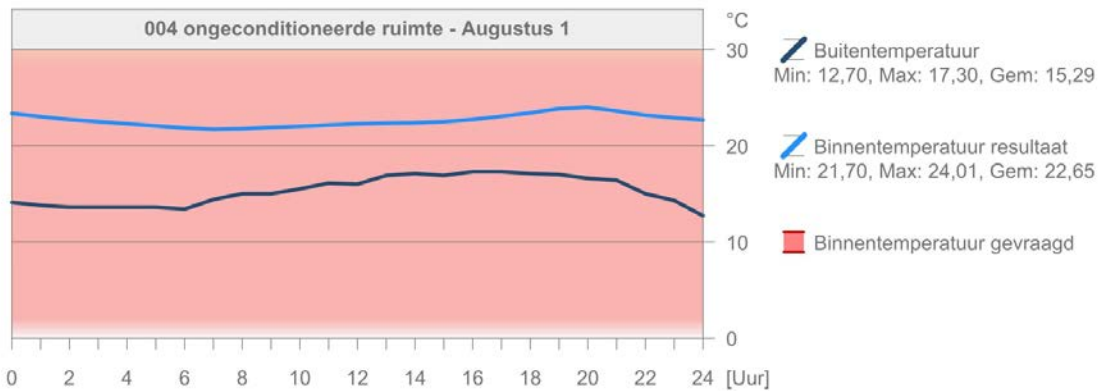
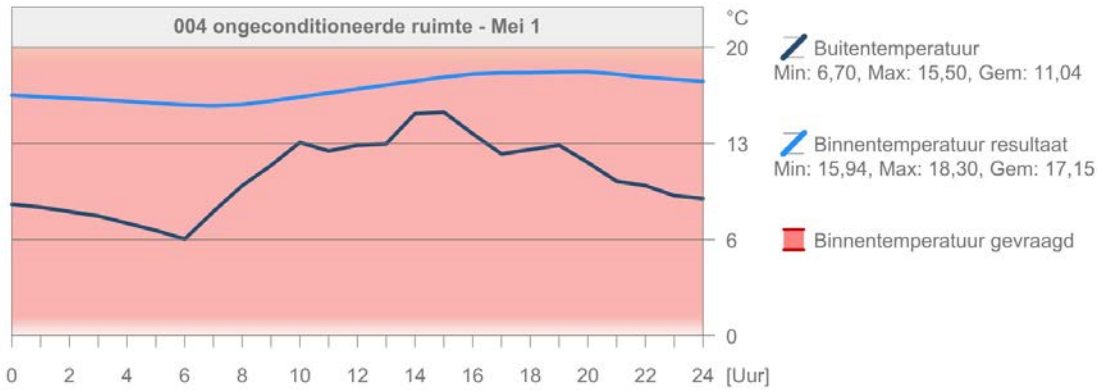
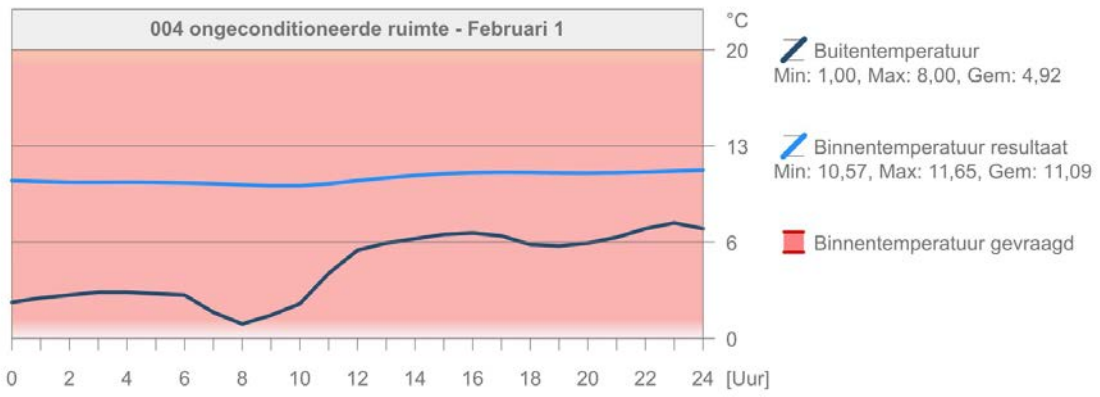
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	7081	8032	438	1529
Koeling	1133	2314	50	63
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	155	467	26	33
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	8370	10814	515	1627

Temperatuurprofiel per dag



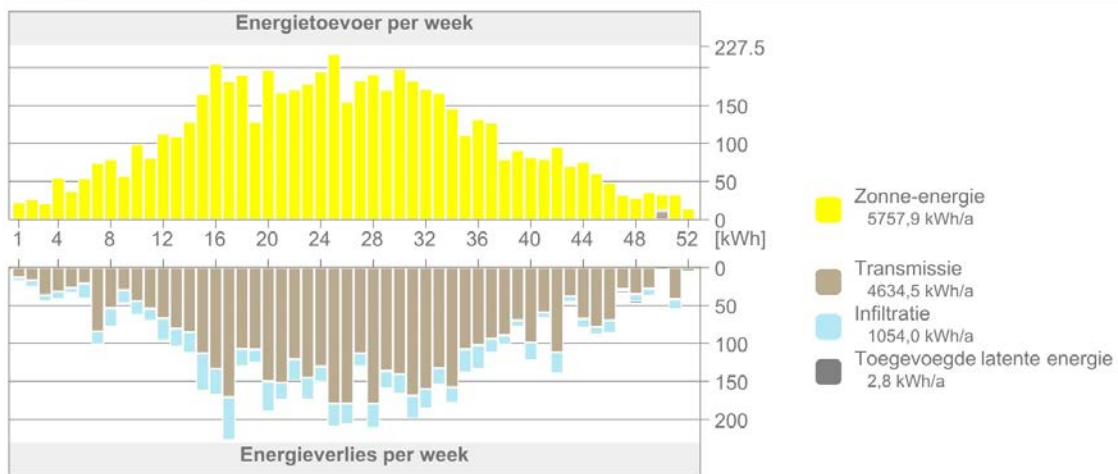






Bijlage 29: resultaten van de simulatie 3.15 voor de EHP woning waarbij alle ramen maximaal isoleren, drievoudig glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingsvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	6.4 07:00 dec 04	39.9 20:00 juni 25
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	6.5 09:00 feb 18	33.3 20:00 juli 11
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	4.8 07:00 dec 04	31.7 20:00 juli 29
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	6.5 09:00 feb 20	35.0 20:00 juli 11
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

Aantal gebruiksuren per jaar:

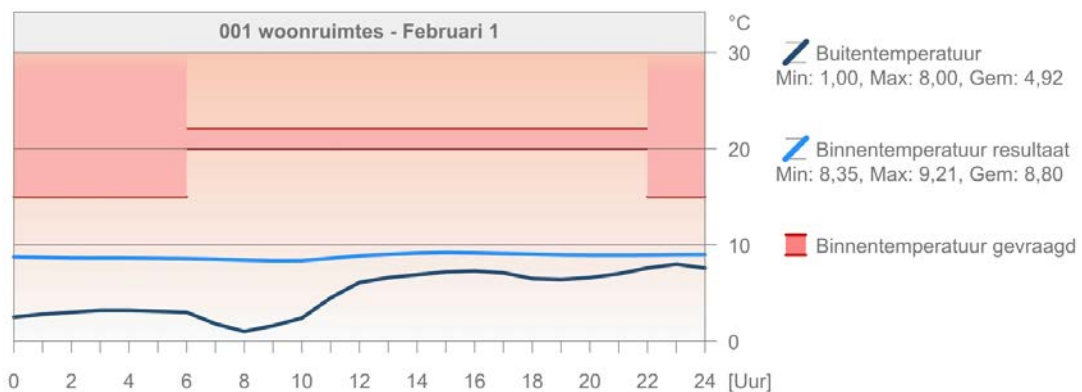
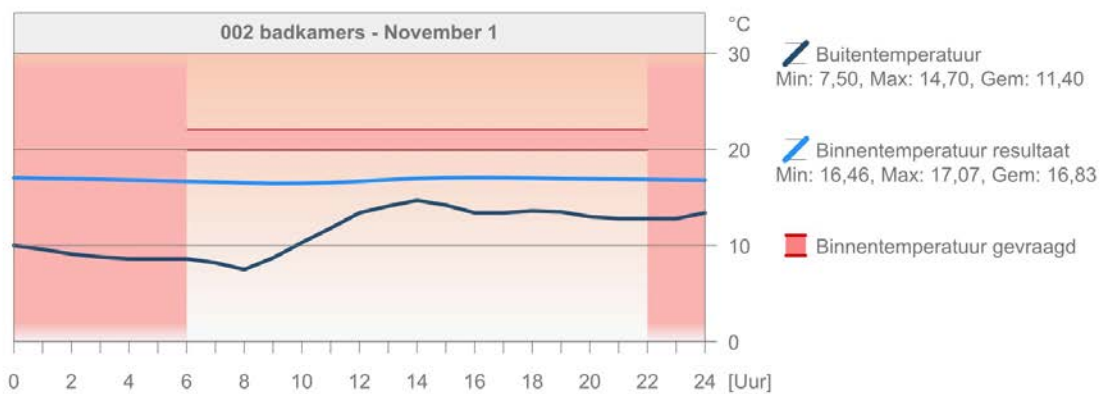
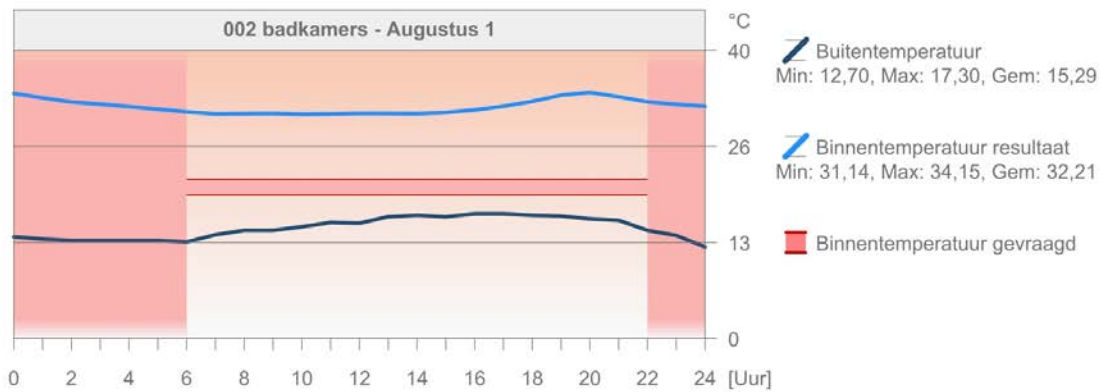
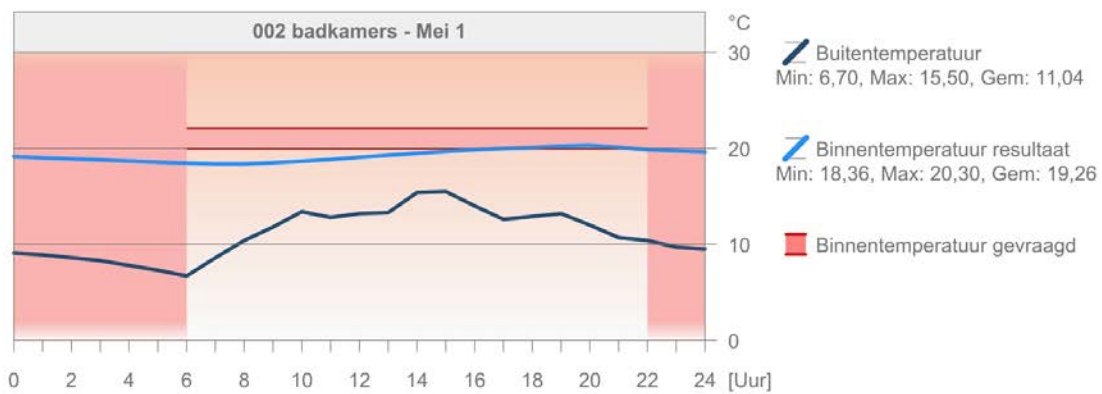
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

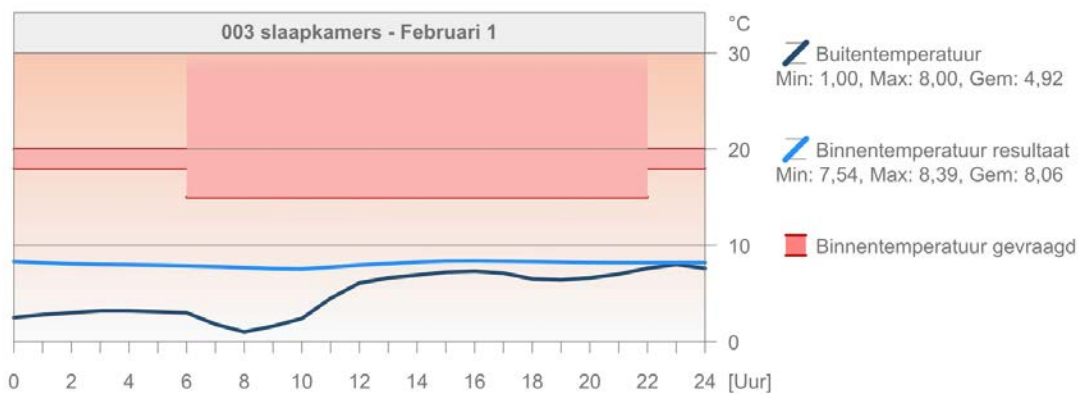
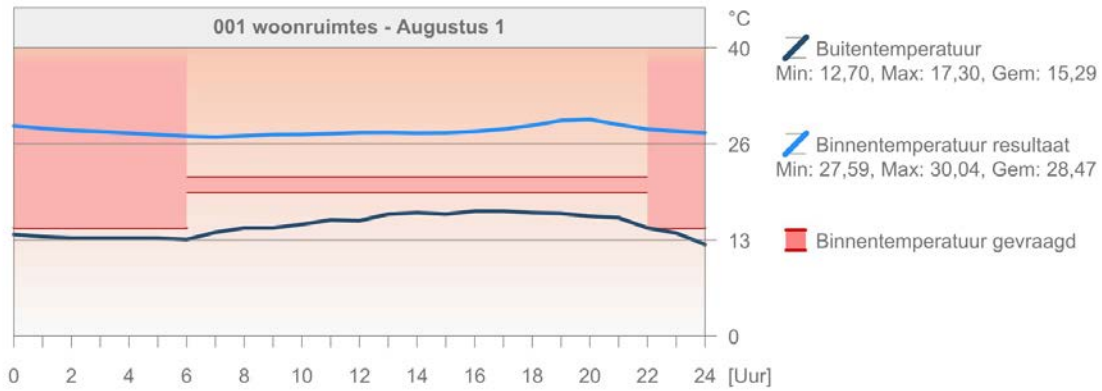
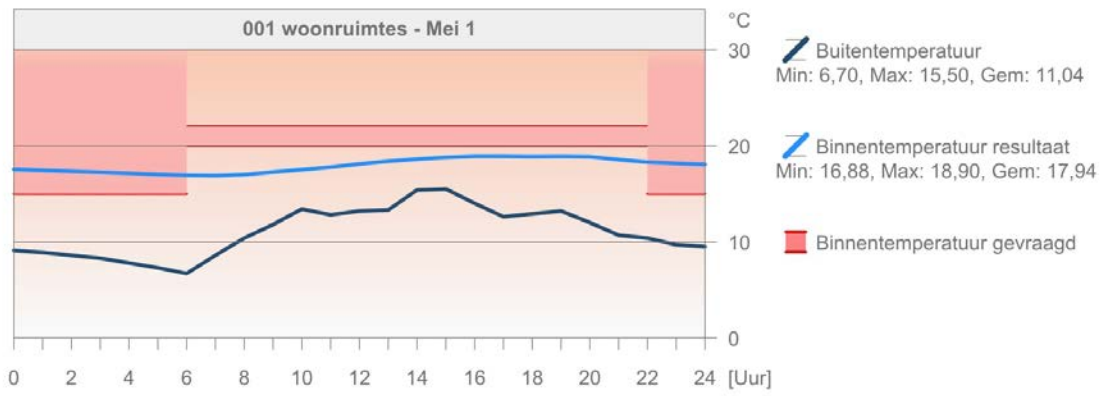
Onvervulde comforturen per jaar

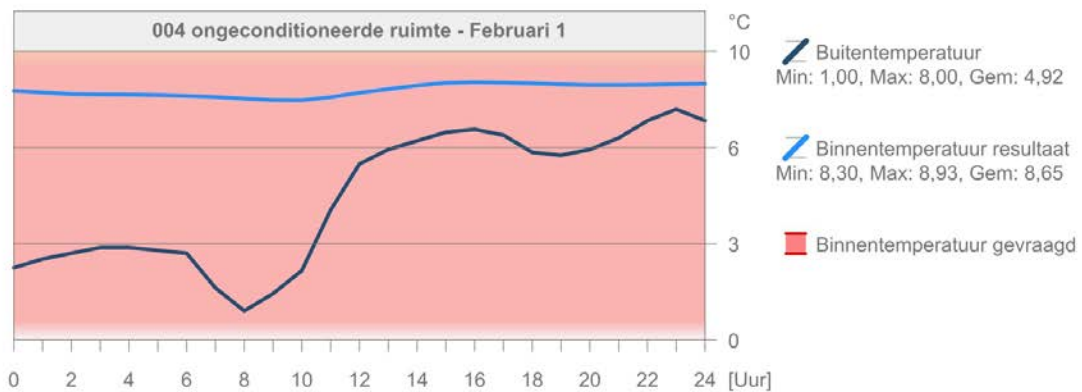
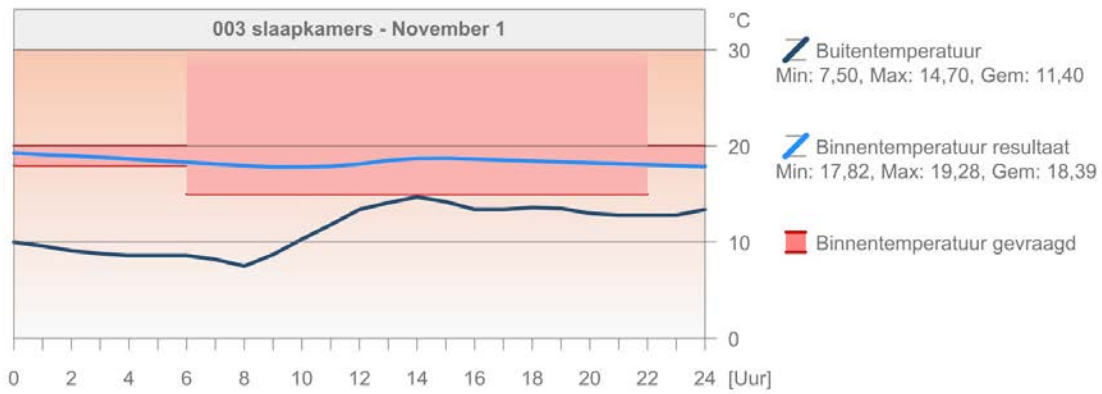
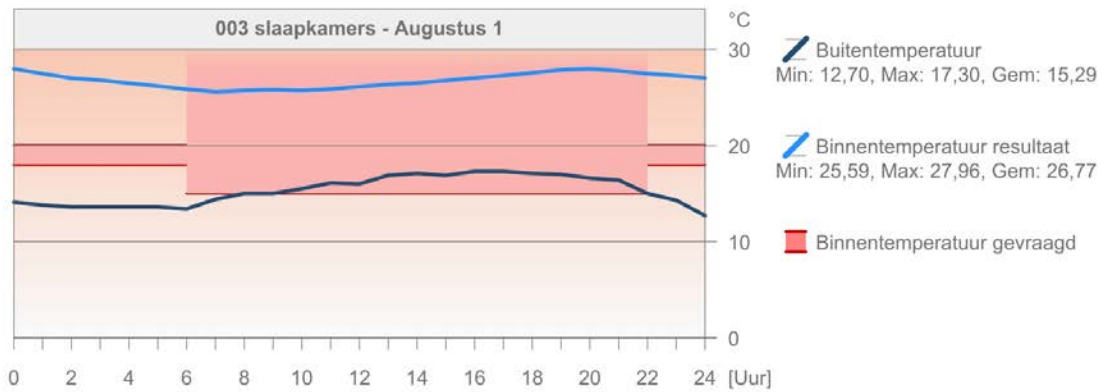
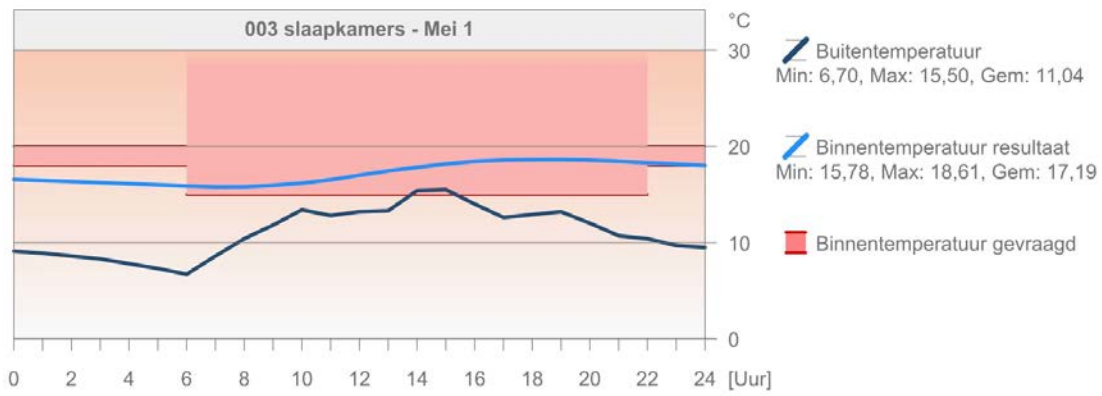
Verwarming: 4632 uur
Koeling: 3225 uur

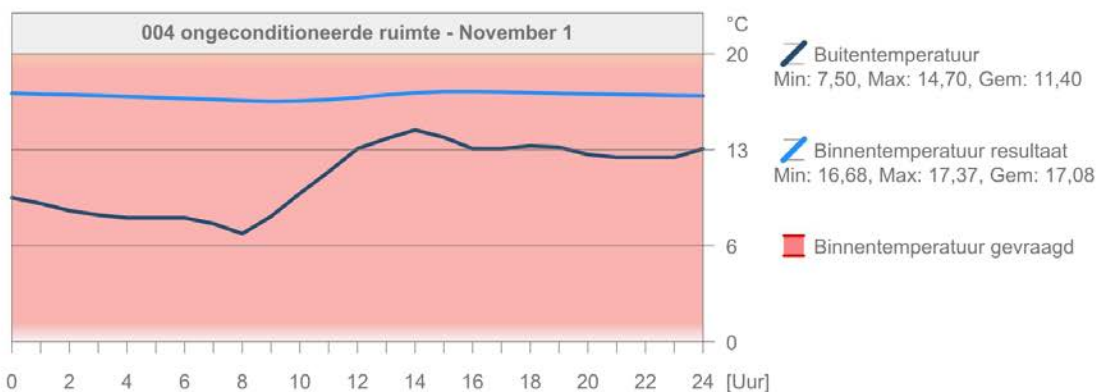
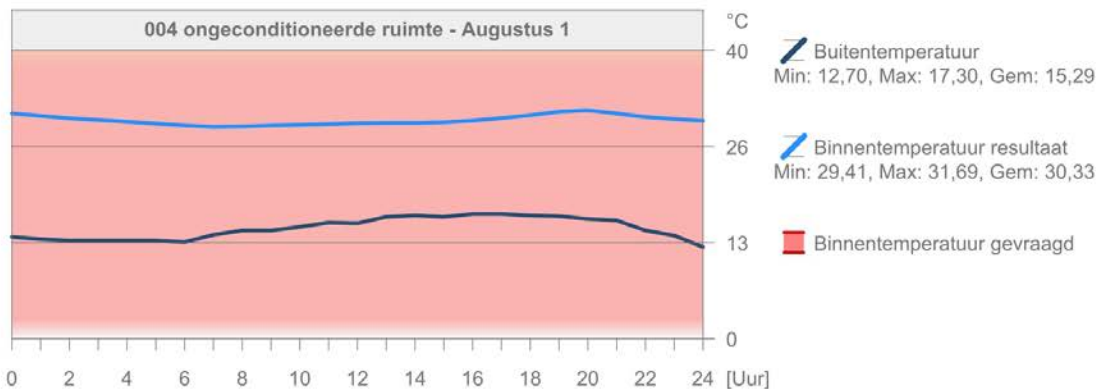
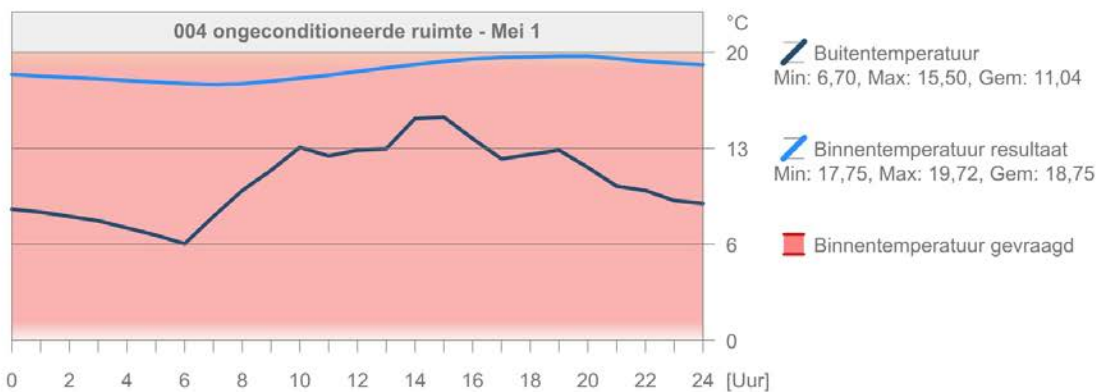
Temperatuurprofiel per dag





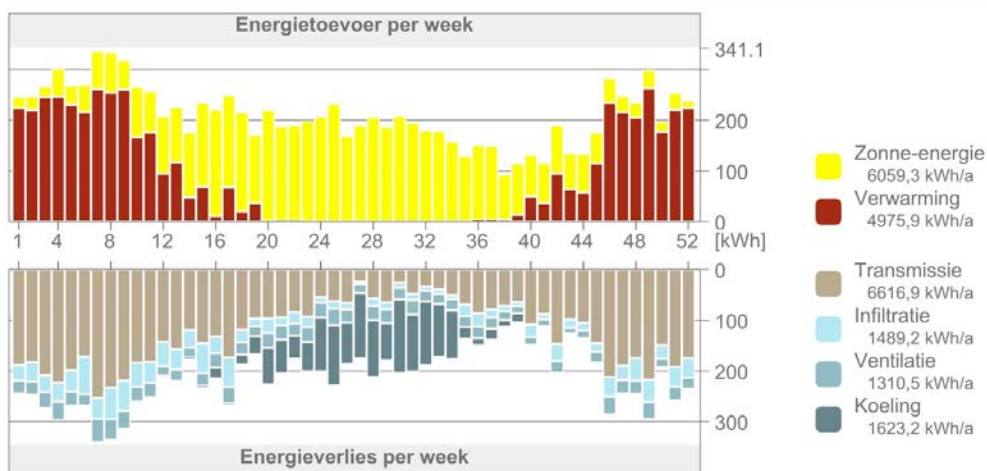






Bijlage 30: resultaten van de simulatie 3.15 voor de EHP woning waarbij alle ramen maximaal isoleren, drievoudig glas geplaatst is en waarbij luifels geplaatst zijn aan de ramen in het zuiden en screens aan de ramen in het oosten en westen met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingsvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	468	0.4 07:00 nov 15	94	0.5 19:00 juli 05	17.1 06:00 mrt 01	23.7 24:00 juli 05
001 woonruimtes	3371	2.9 07:00 feb 17	1086	3.6 19:00 juli 05	16.3 06:00 feb 17	23.5 24:00 juli 05
003 slaapkamers	1135	1.6 23:00 feb 08	442	2.4 23:00 juli 05	15.0 20:00 jan 03	27.0 20:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	9.7 09:00 feb 17	30.2 20:00 juli 05
Alle klimaatzones:	4975	3.3 07:00 feb 17	1623	4.1 19:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 5733 uur
Koeling: 2402 uur

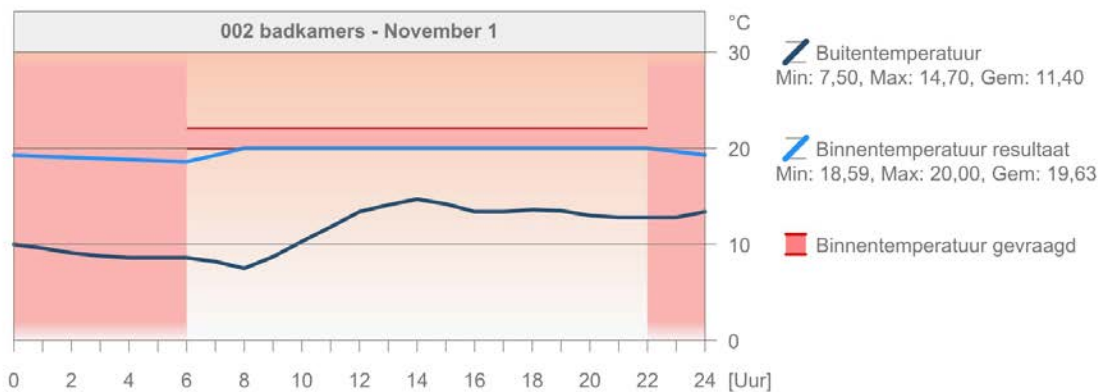
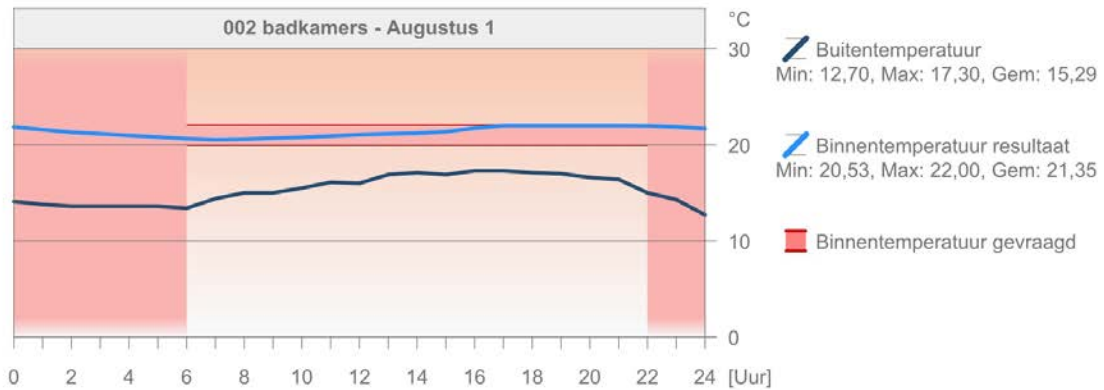
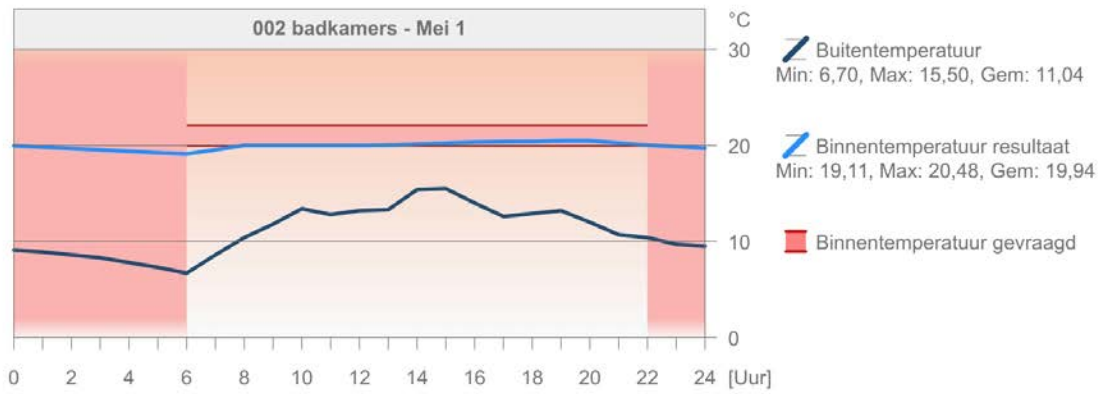
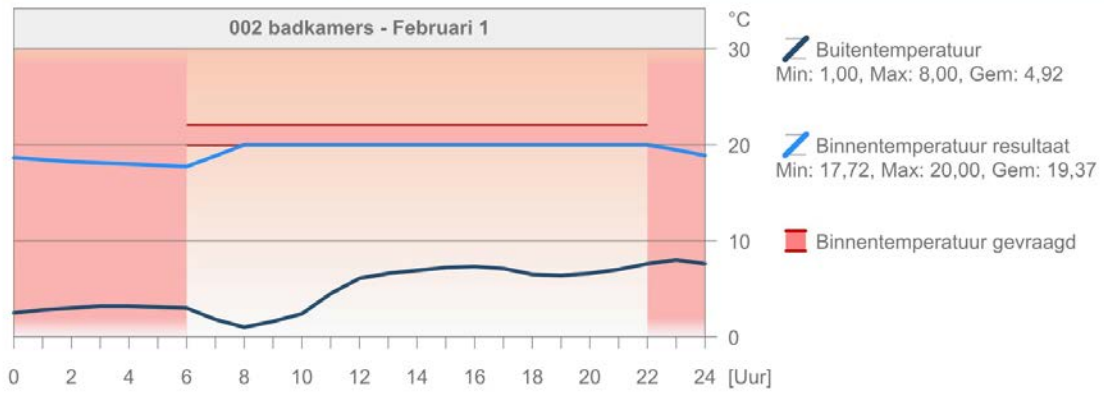
Onvervulde comforturen per jaar

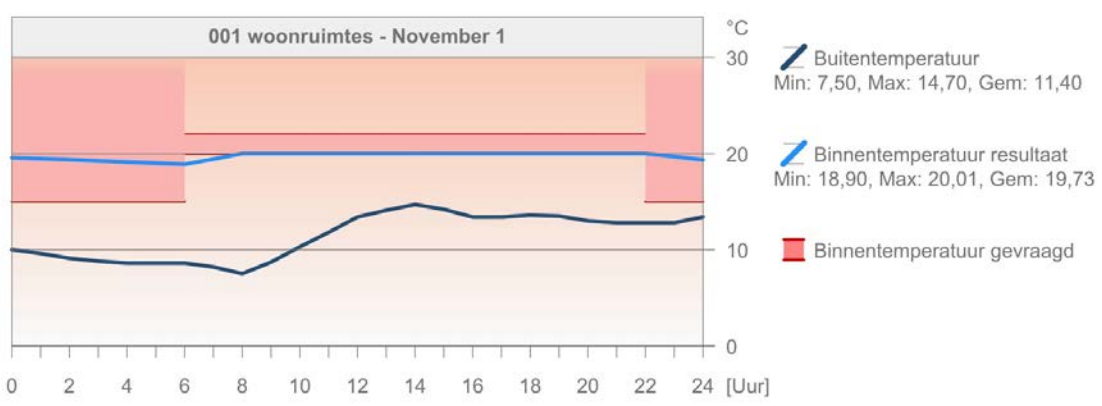
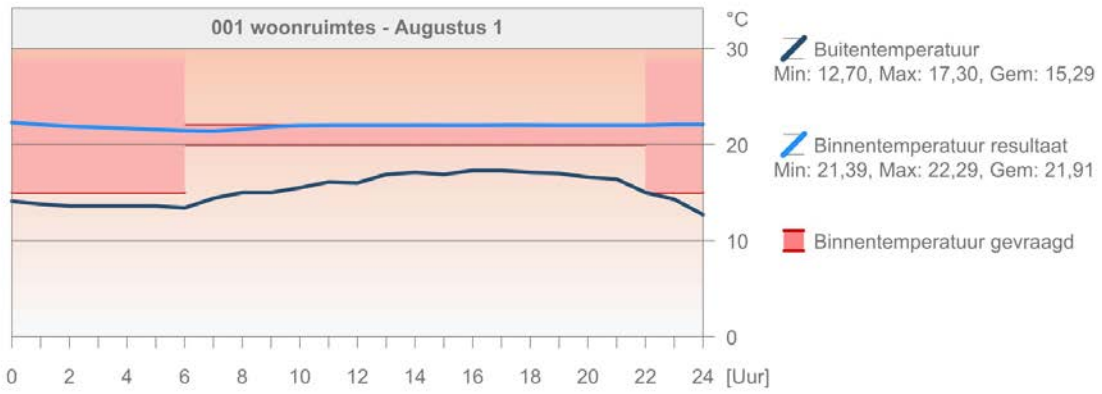
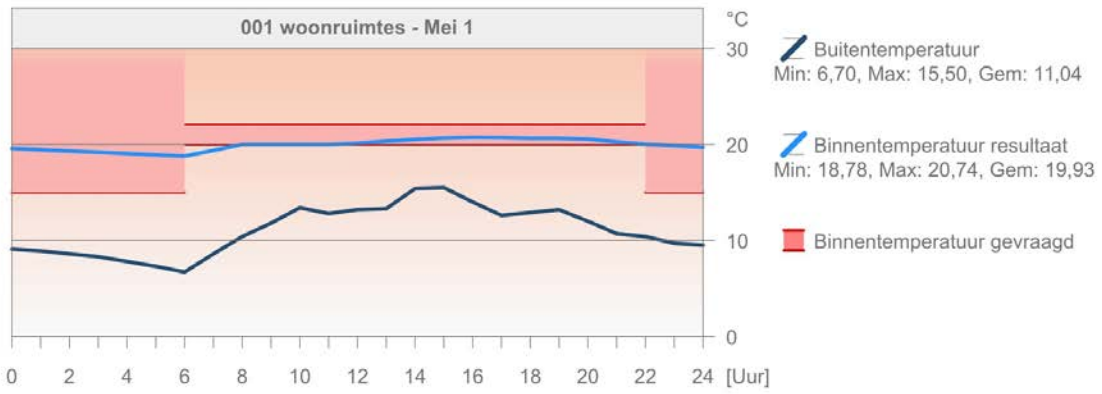
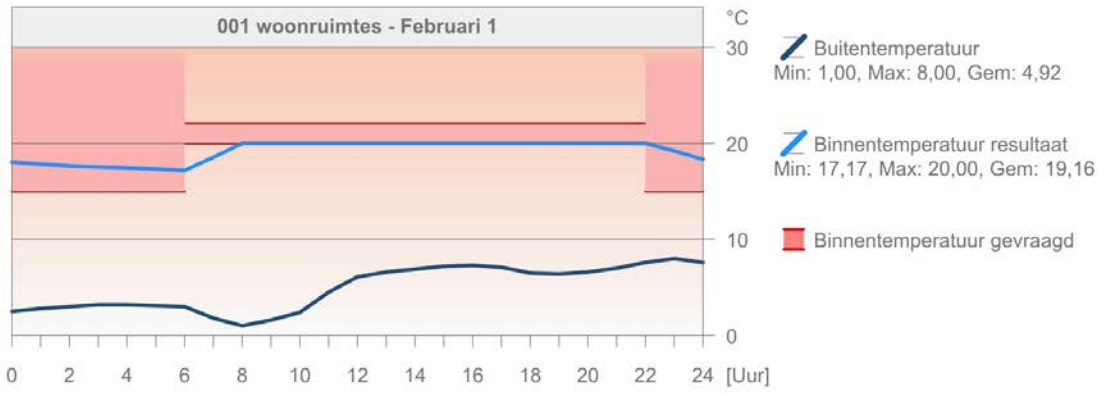
Verwarming: 231 uur
Koeling: 95 uur

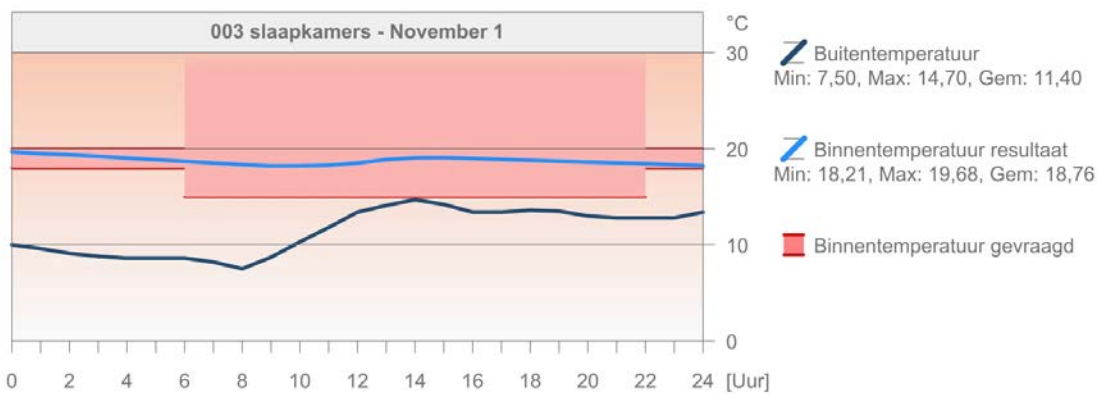
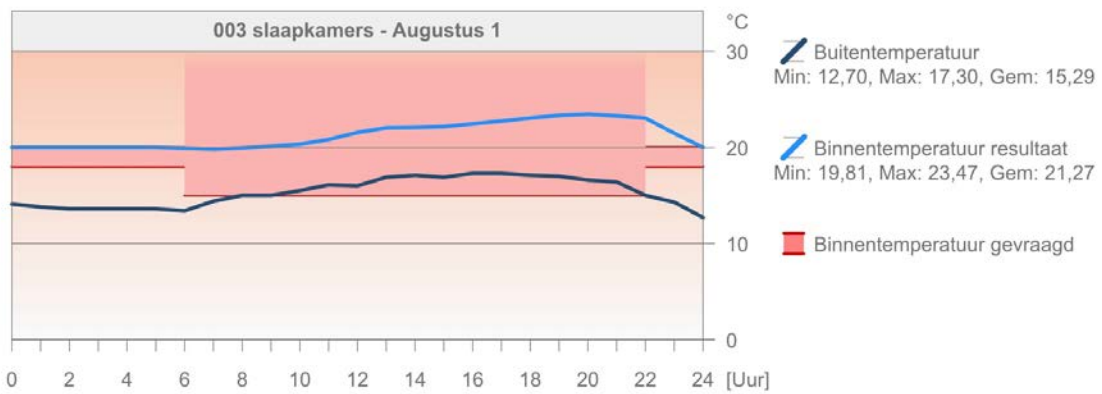
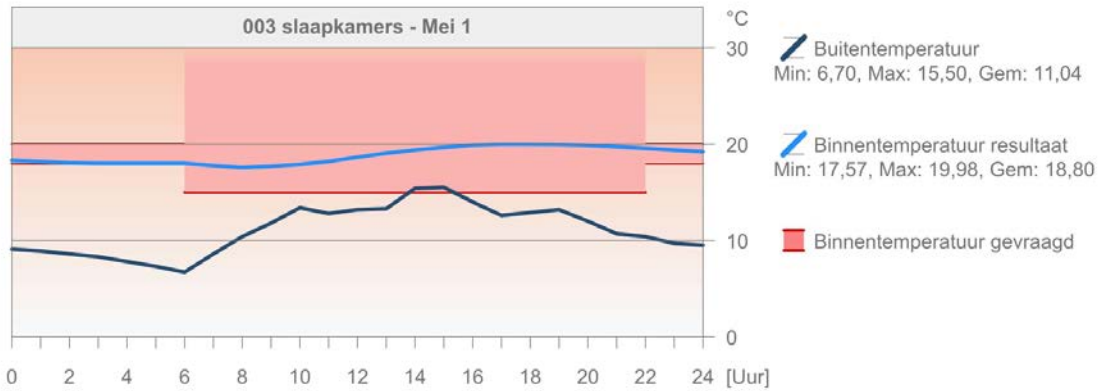
Energieverbruik per voorziening

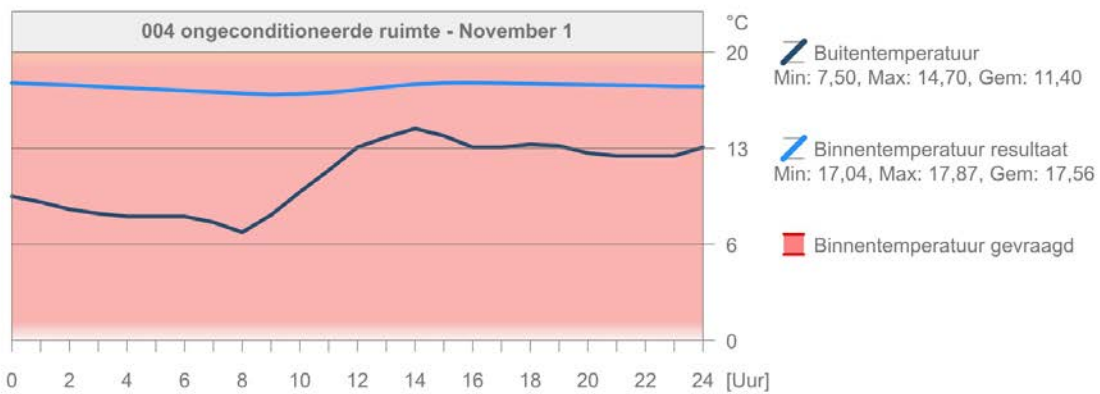
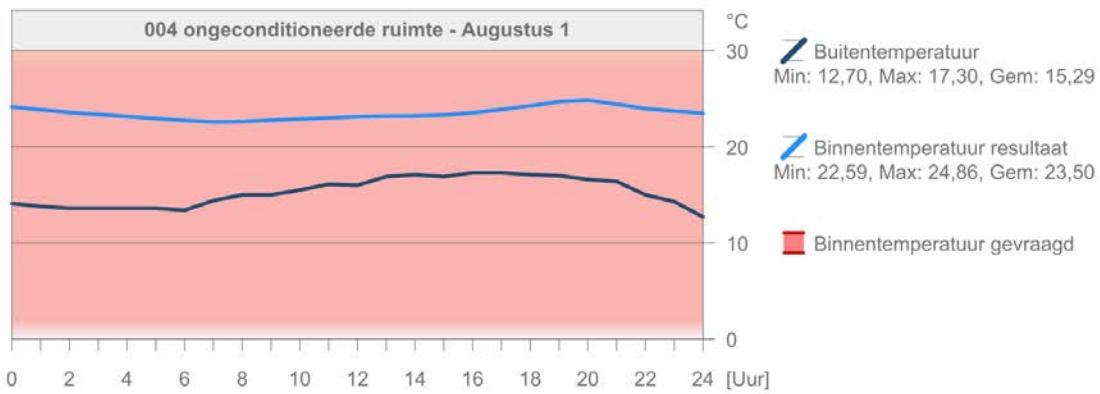
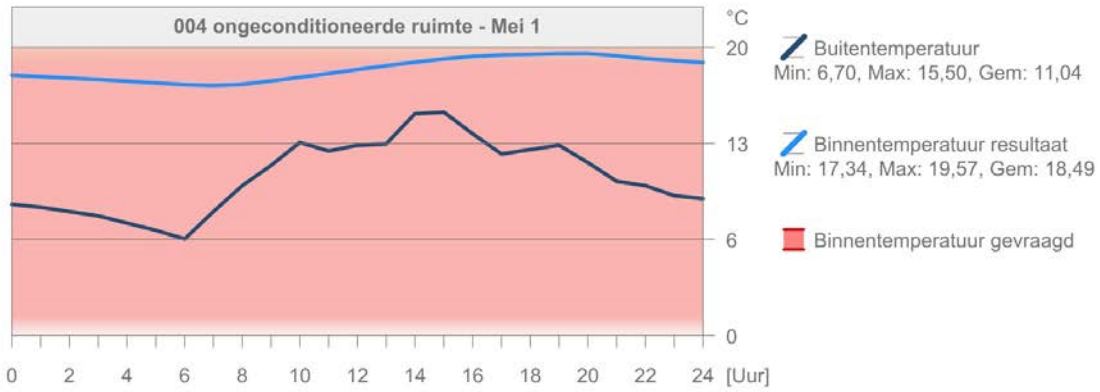
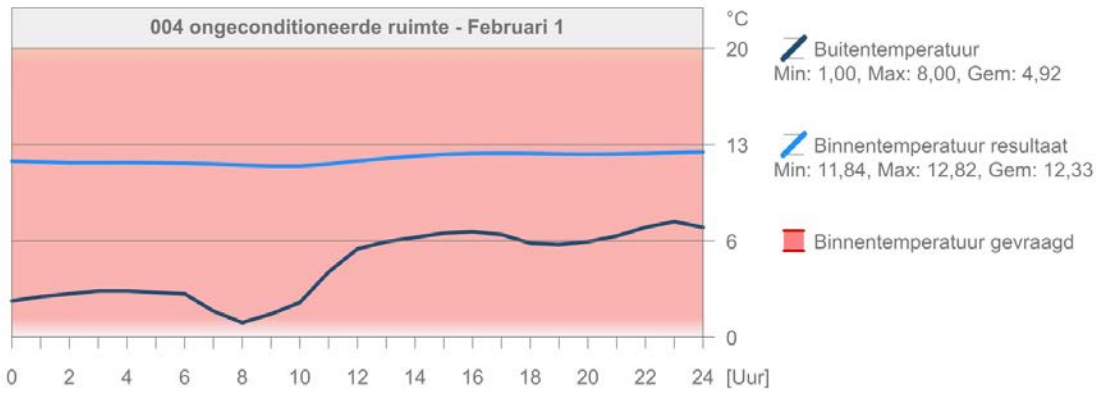
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	4975	5473	298	1074
Koeling	1623	3246	68	87
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	700	2102	119	151
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	7299	10822	486	1313

Temperatuurprofiel per dag



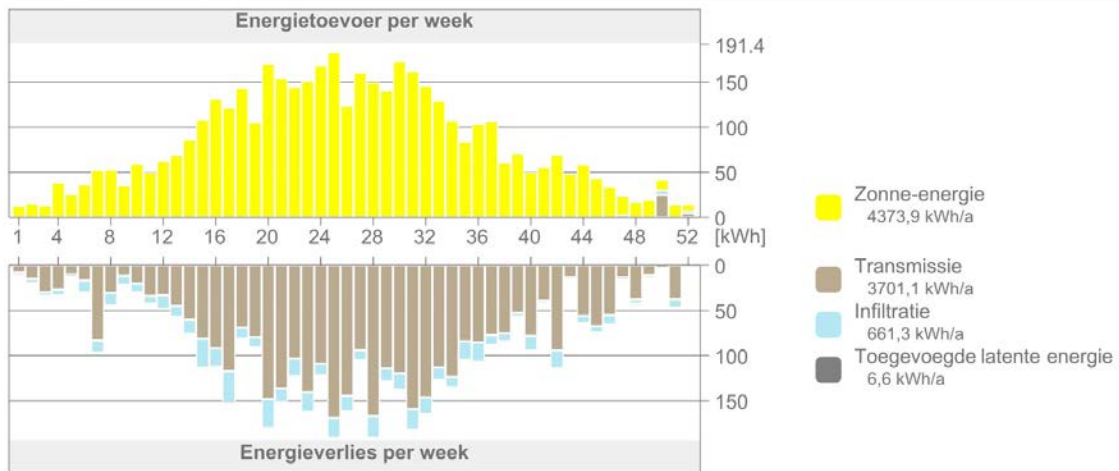






Bijlage 31: resultaten van de simulatie 3.16 voor de EHP woning waarbij bomen in geplaatst zijn in het zuiden en oosten die de woning beschaduwen zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	2.1 10:00 feb 20	30.4 19:00 juli 29
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	2.6 09:00 feb 20	28.7 18:00 juli 29
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	1.5 09:00 feb 17	29.2 19:00 juli 29
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	2.4 09:00 feb 20	28.8 19:00 juli 29
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

Aantal gebruiksuren per jaar:

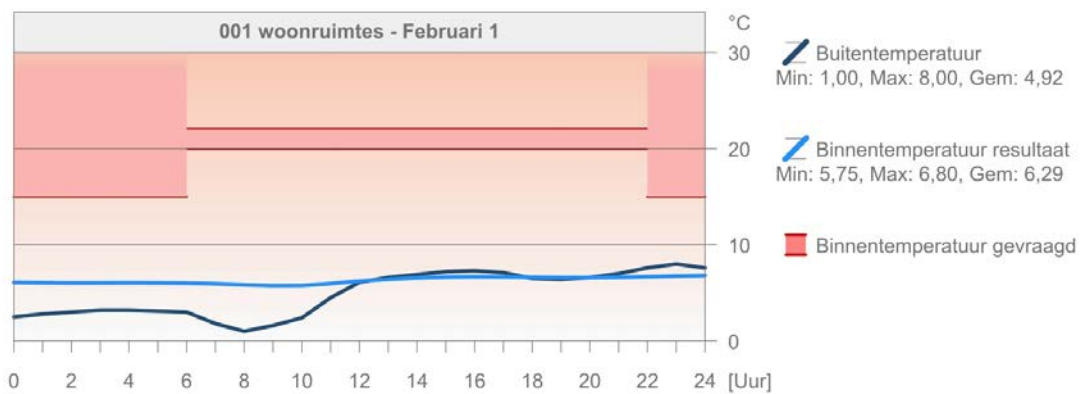
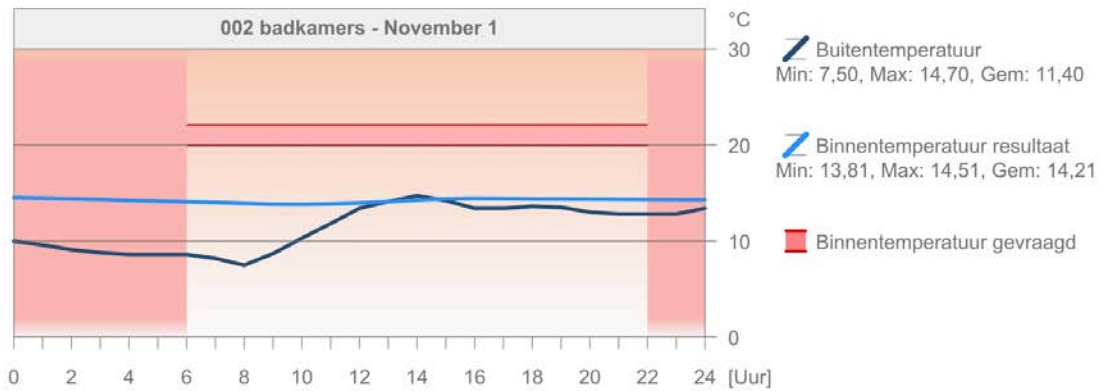
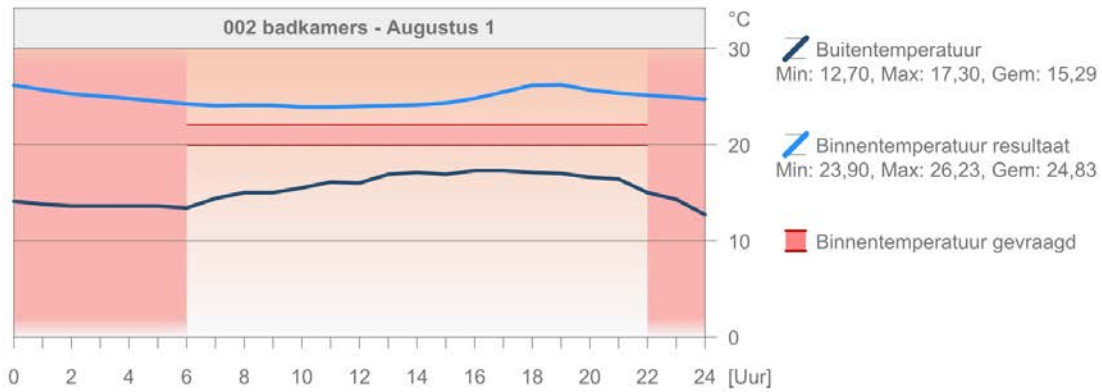
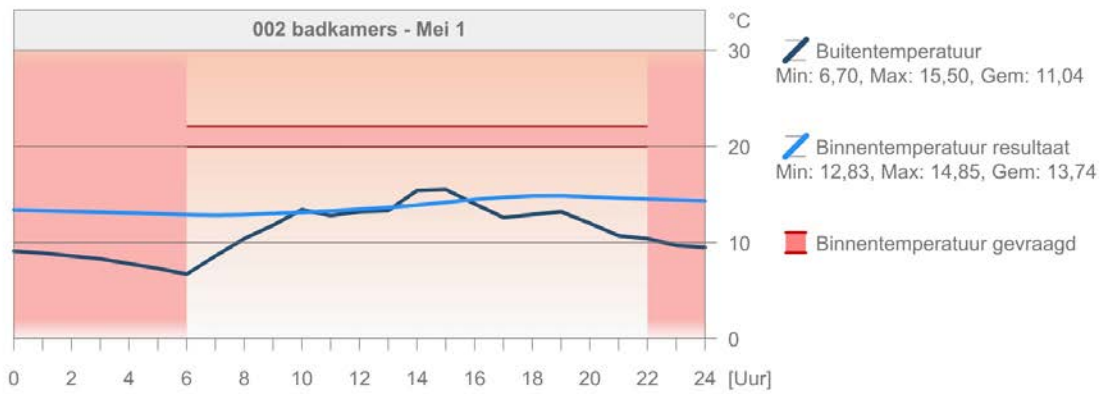
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

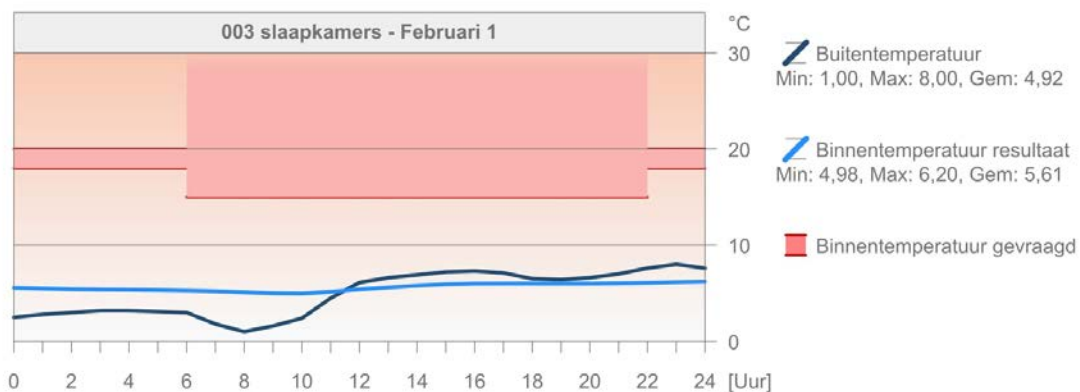
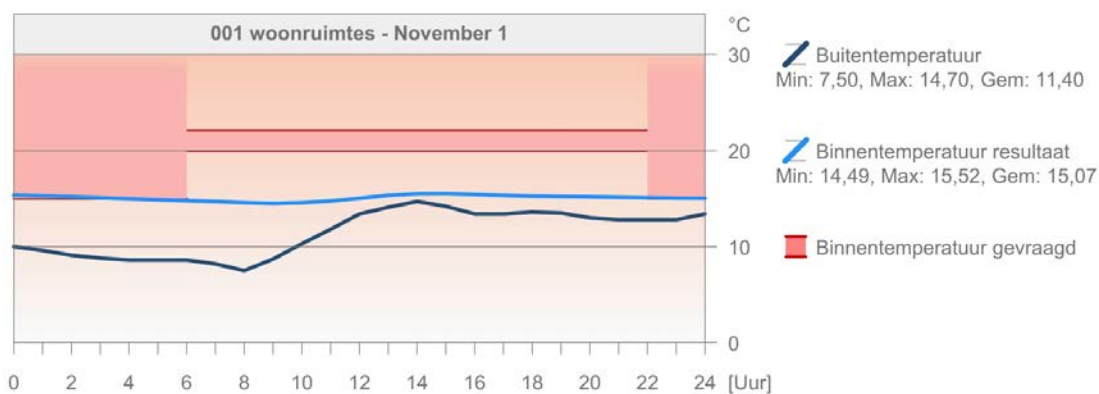
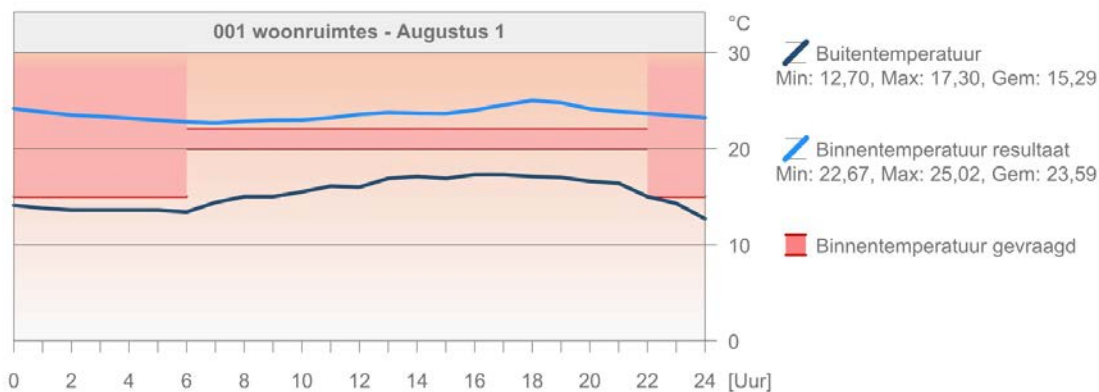
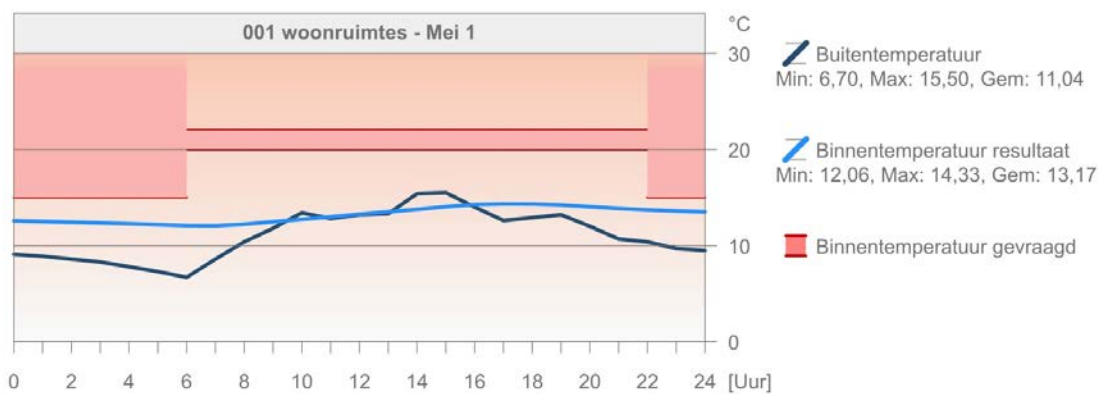
Onvervulde comforturen per jaar

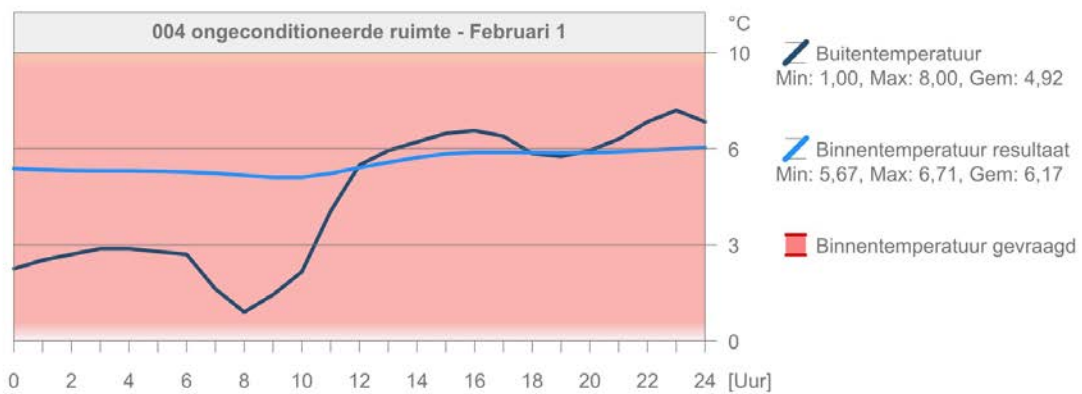
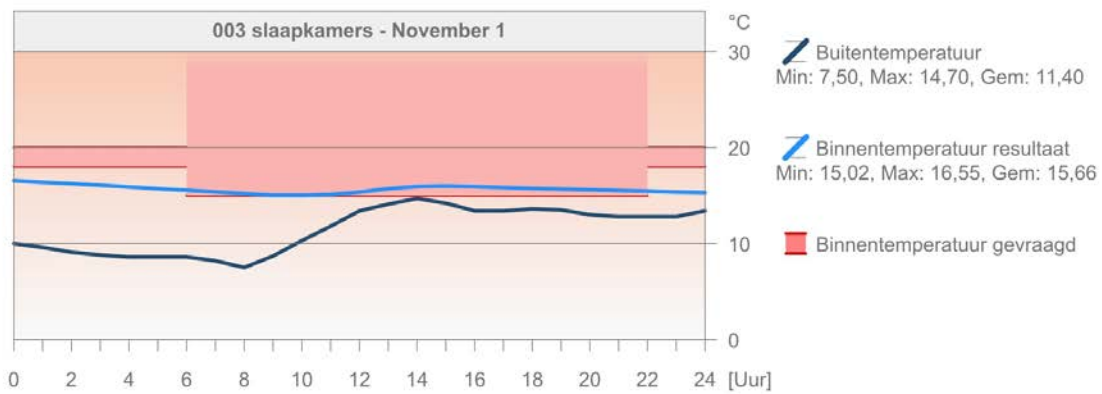
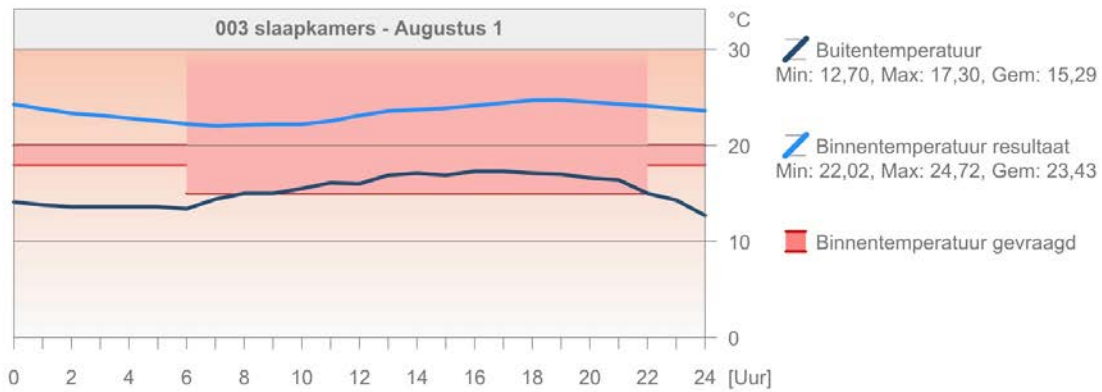
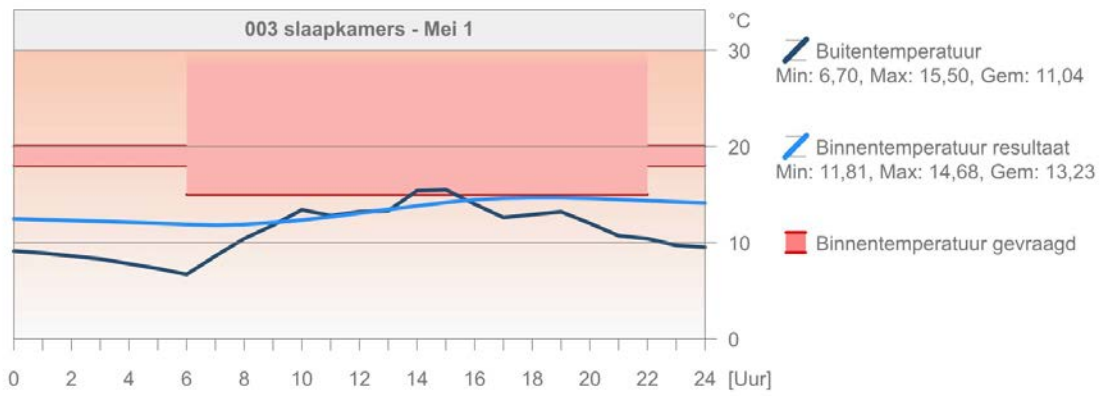
Verwarming: 5858 uur
Koeling: 1488 uur

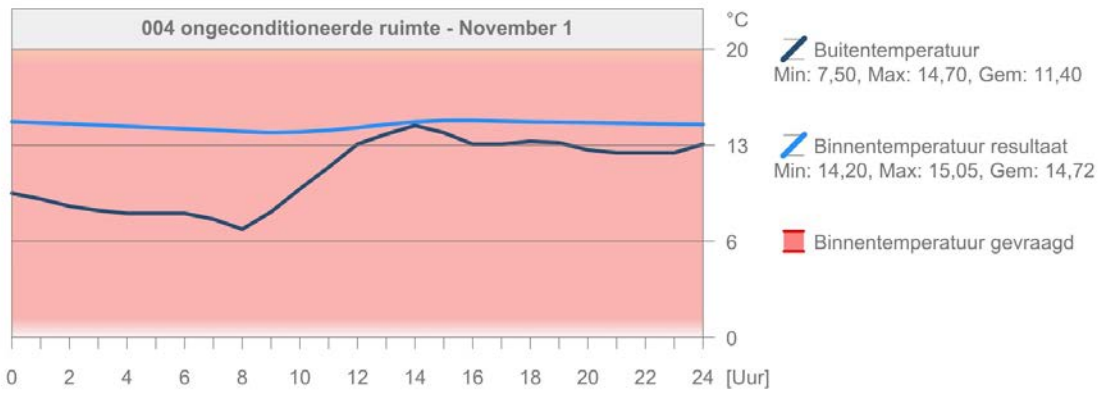
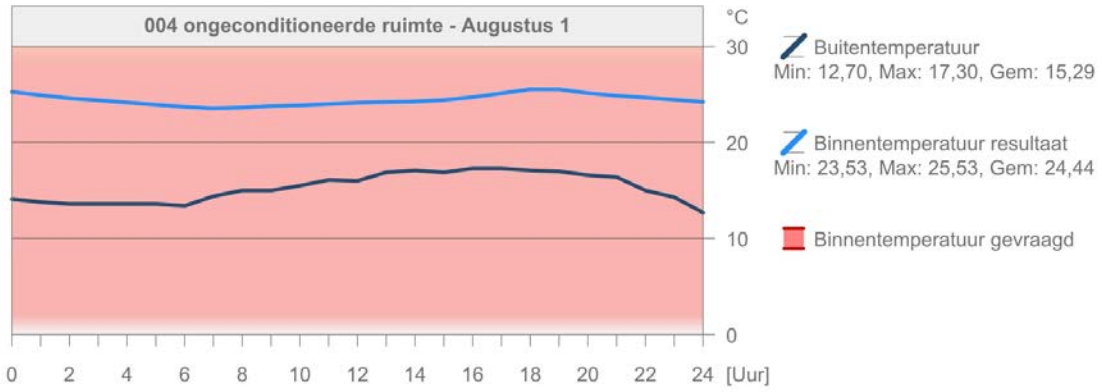
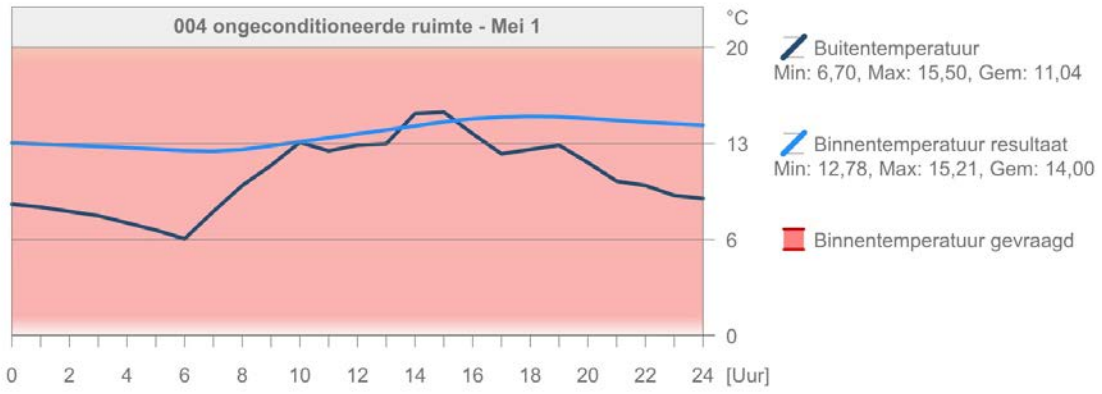
Temperatuurprofiel per dag





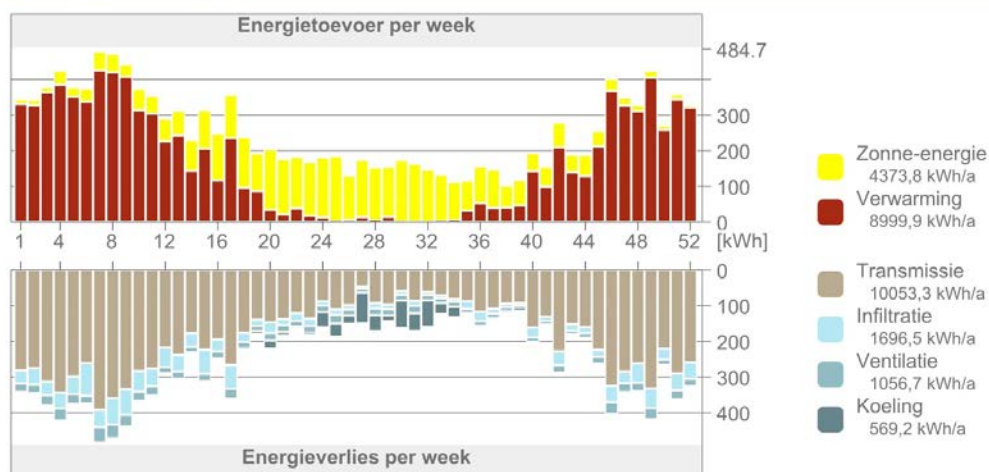






Bijlage 32: resultaten van de simulatie 3.16 voor de EHP woning waarbij bomen in geplaatst zijn in het zuiden en oosten die de woning beschaduwen met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingsvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	715	0.5 07:00 nov 15	29	0.4 18:00 juli 05	16.0 06:00 nov 15	22.9 24:00 juli 05
001 woonruimtes	6381	4.2 07:00 feb 20	332	3.3 18:00 juli 05	15.0 06:00 feb 17	22.8 24:00 juli 05
003 slaapkamers	1903	2.0 23:00 feb 20	207	2.3 23:00 juli 05	15.0 20:00 jan 01	26.6 19:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	7.1 09:00 feb 20	27.5 19:00 juli 05
Alle klimaatzones:	8999	4.8 07:00 nov 15	569	3.7 18:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: **6666** uur
Koeling: **1018** uur

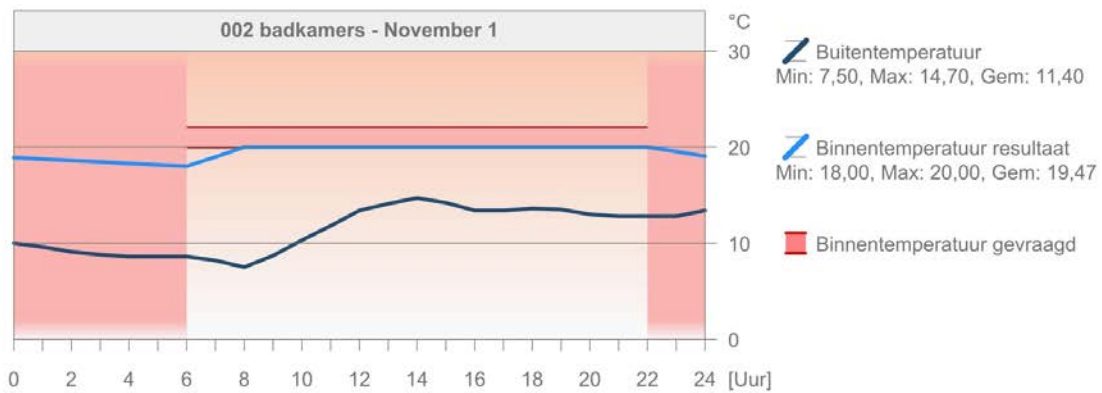
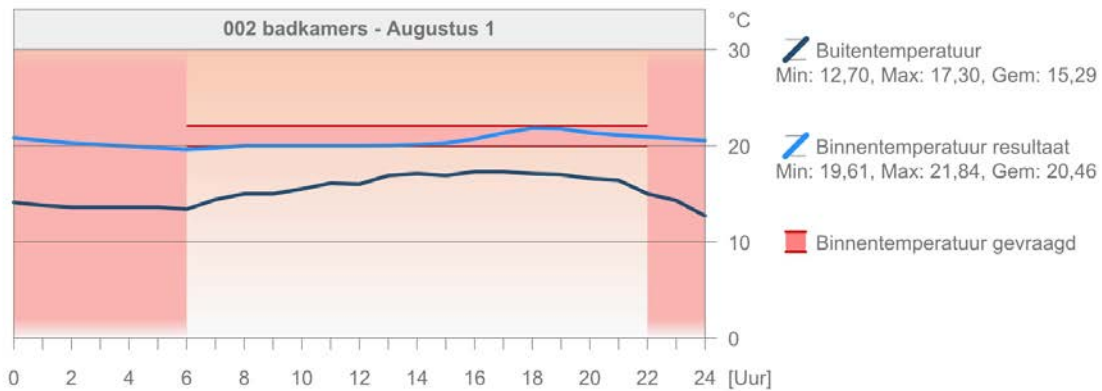
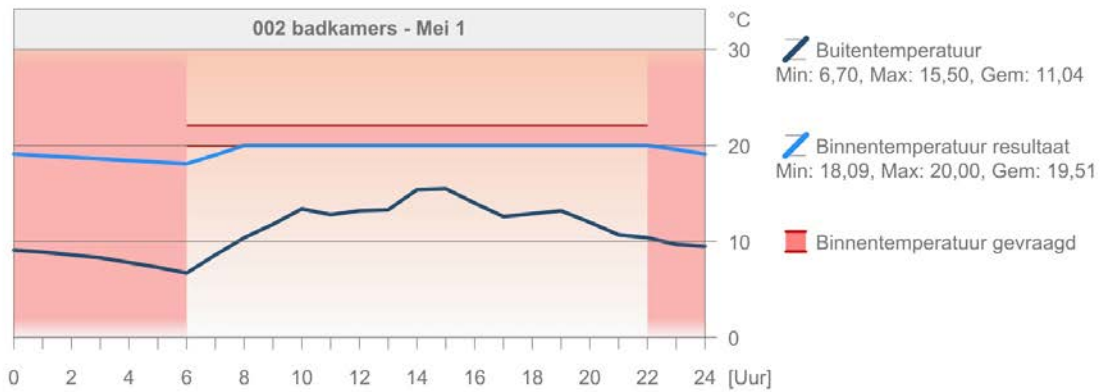
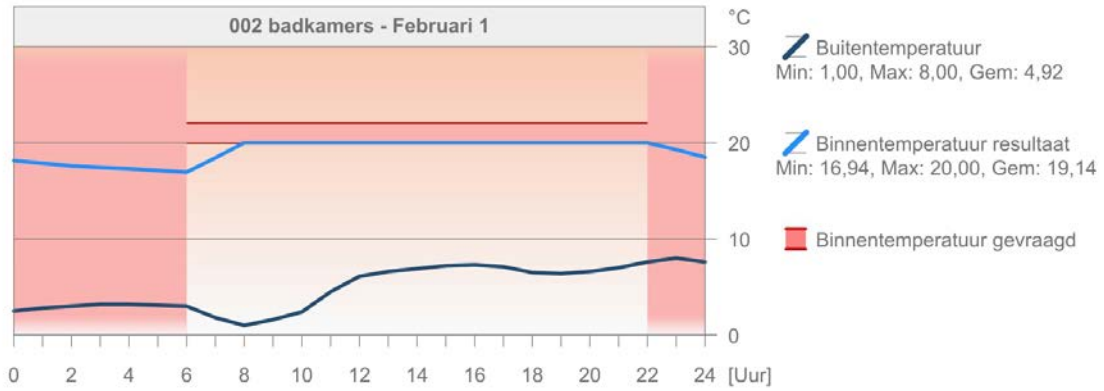
Onvervulde comforturen per jaar

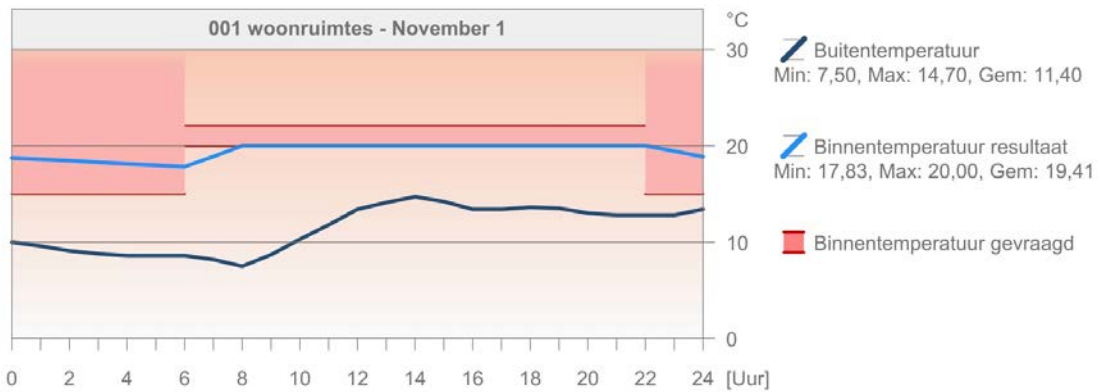
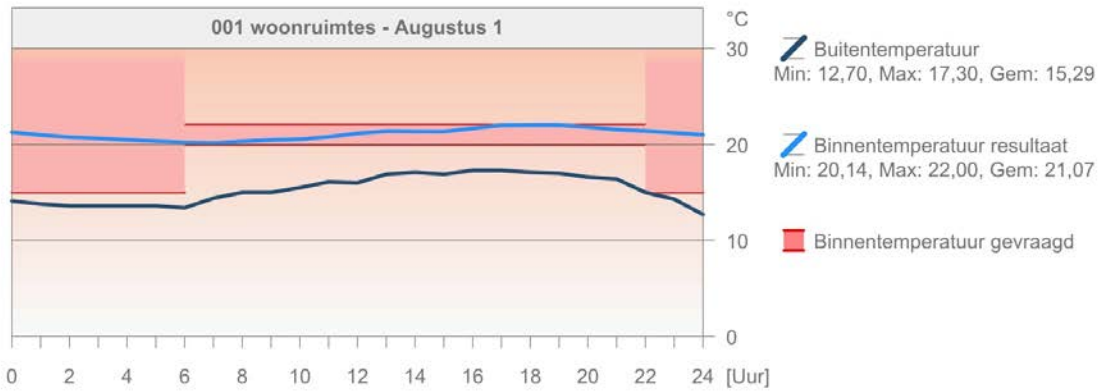
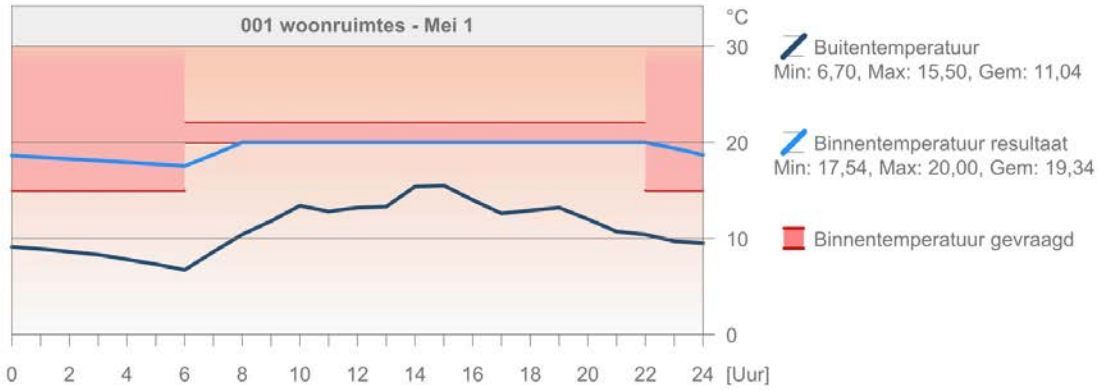
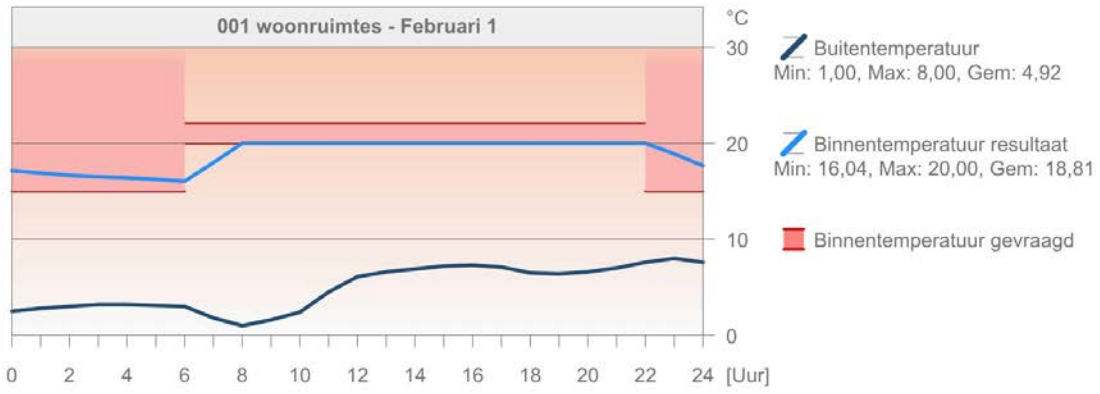
Verwarming: **360** uur
Koeling: **44** uur

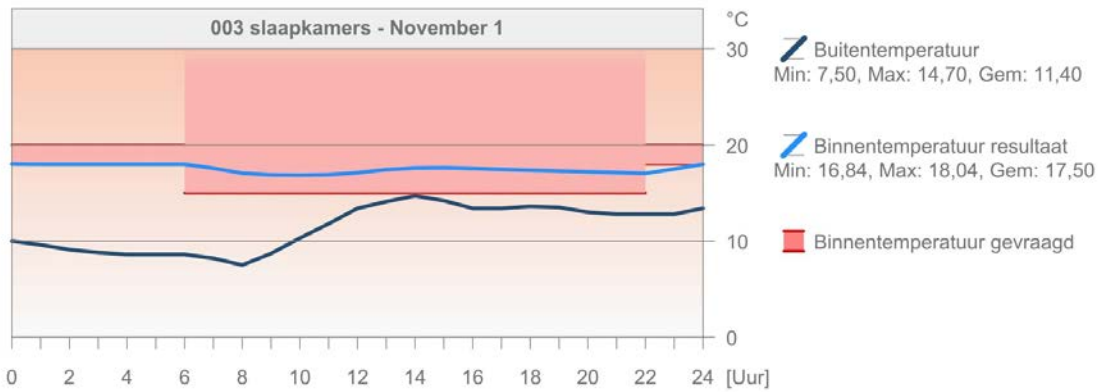
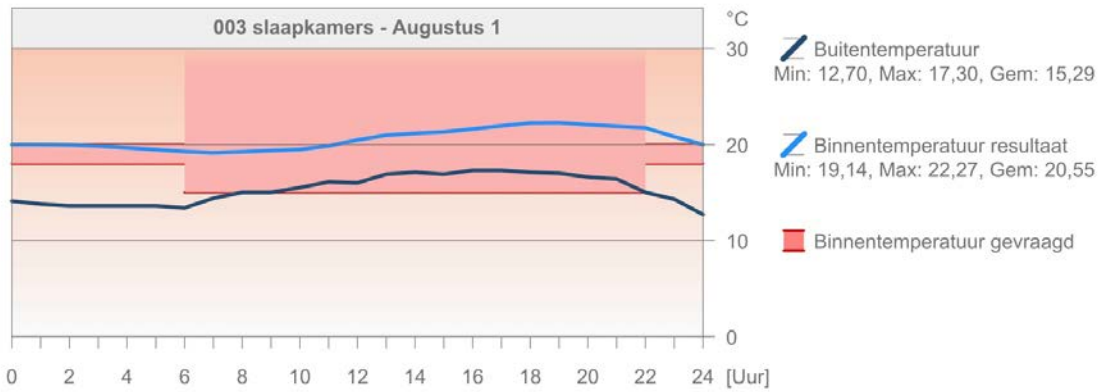
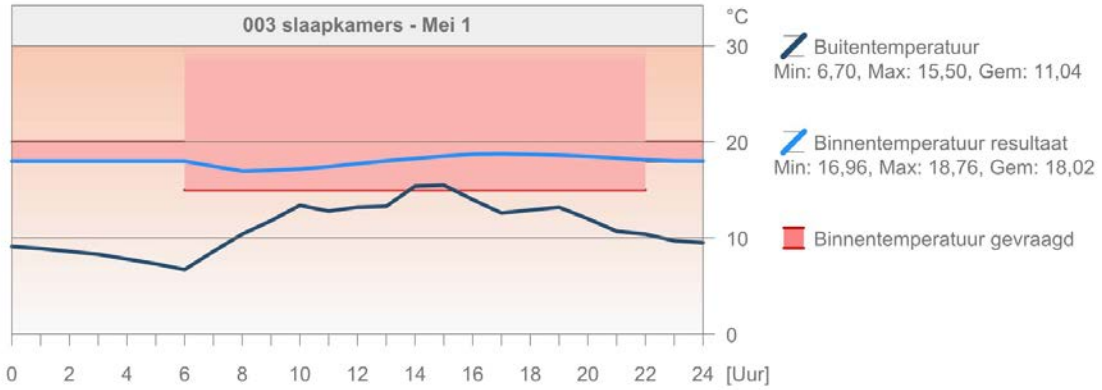
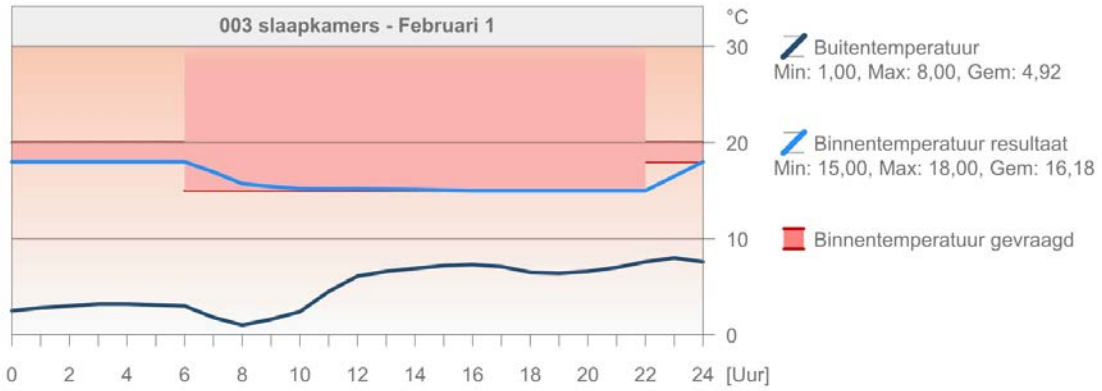
Energieverbruik per voorziening

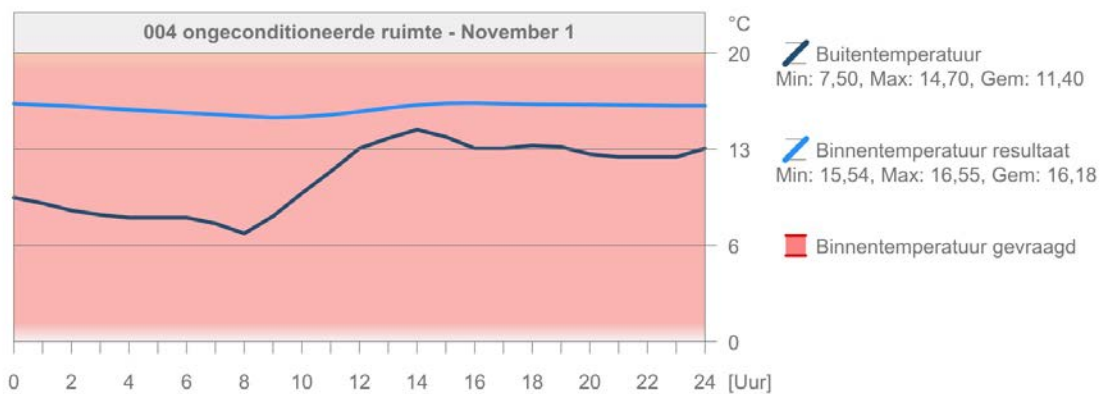
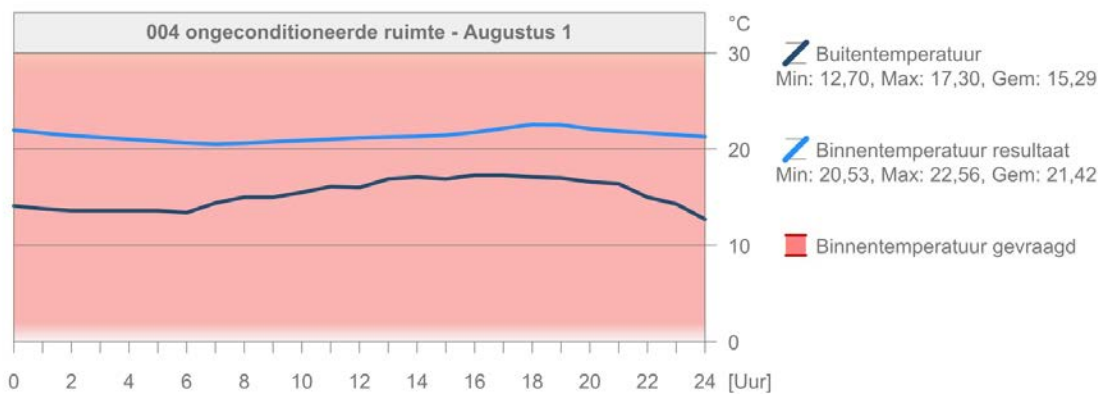
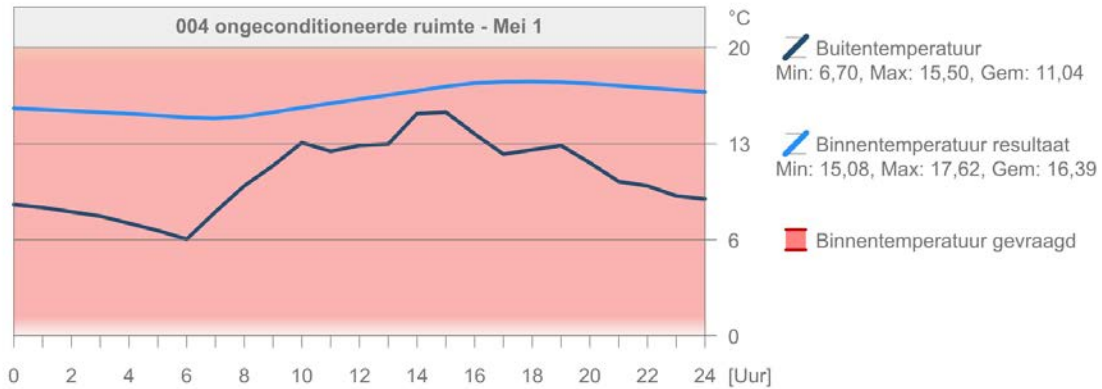
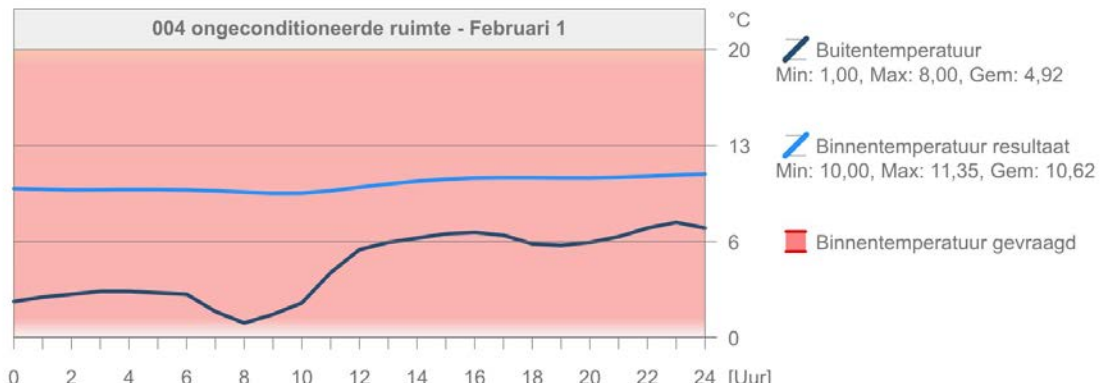
Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie kg/j
	Hoeveelheid kWh/j	Primair kWh/j	Kosten EUR/j	
Verwarming	8999	9899	539	1943
Koeling	569	1214	27	34
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	700	2102	119	151
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	10269	13216	686	2130

Temperatuurprofiel per dag



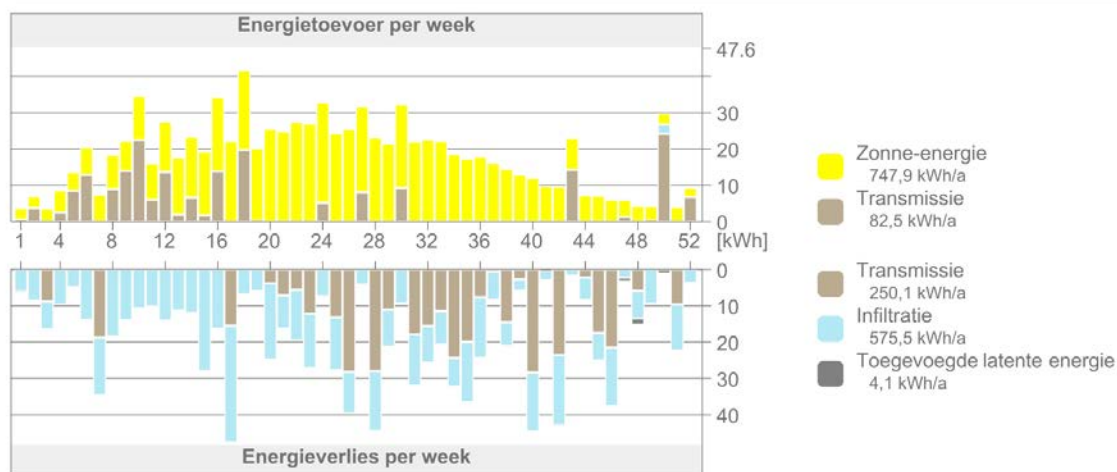






Bijlage 33: resultaten van de simulatie 3.17 EHP woning waarbij screens zijn aangebracht en zonwerende isolerende dubbele beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het oosten, zuiden en westen en waarbij zeer isolerende drievoudige beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het zuiden zonder technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarmingvraag		Koelvraag		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	0	0.0	0	0.0	6.7 10:00 mrt 01	24.9 21:00 juli 11
001 woonruimtes	0	0.0	0	0.0	6.3 09:00 feb 20	22.3 20:00 aug 10
003 slaapkamers	0	0.0	0	0.0	4.4 10:00 feb 17	26.4 20:00 juli 29
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0	0	0.0	5.8 09:00 feb 20	23.9 19:00 juli 29
Alle klimaatzones:	0	0.0	0	0.0		

Aantal gebruiksuren per jaar:

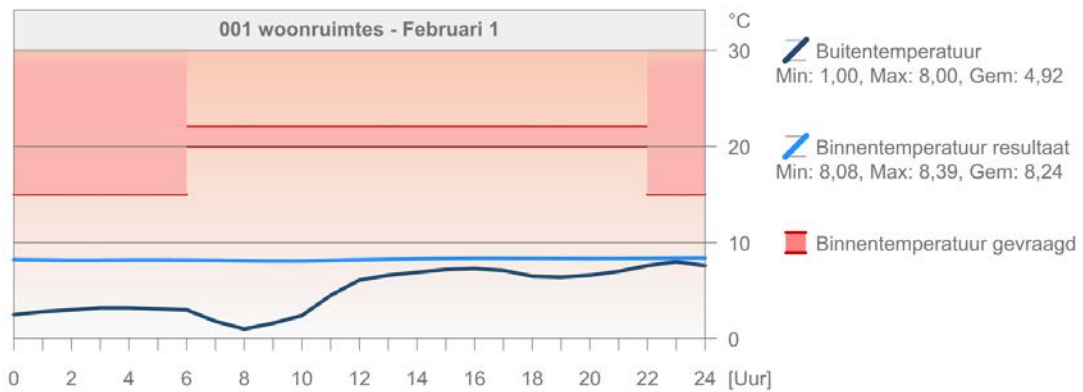
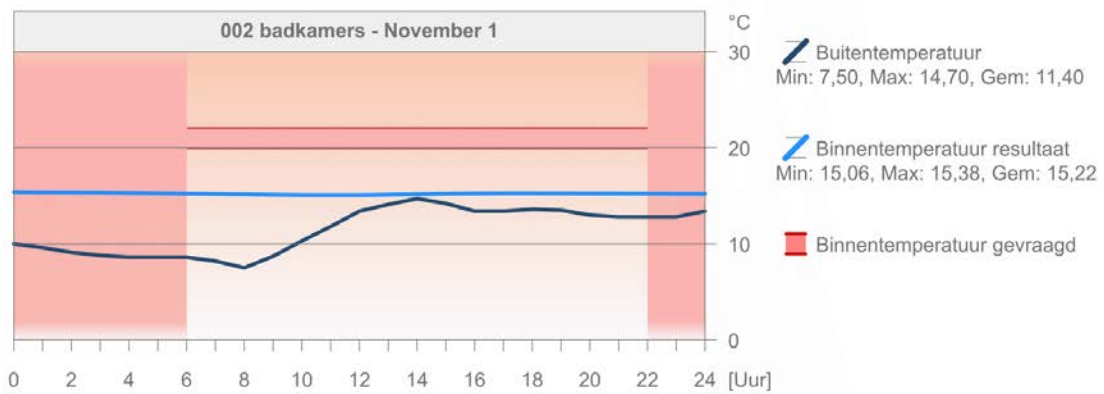
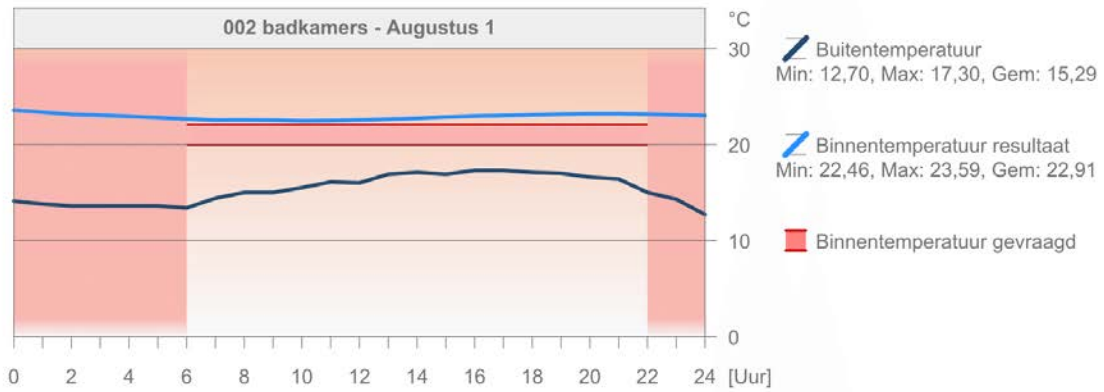
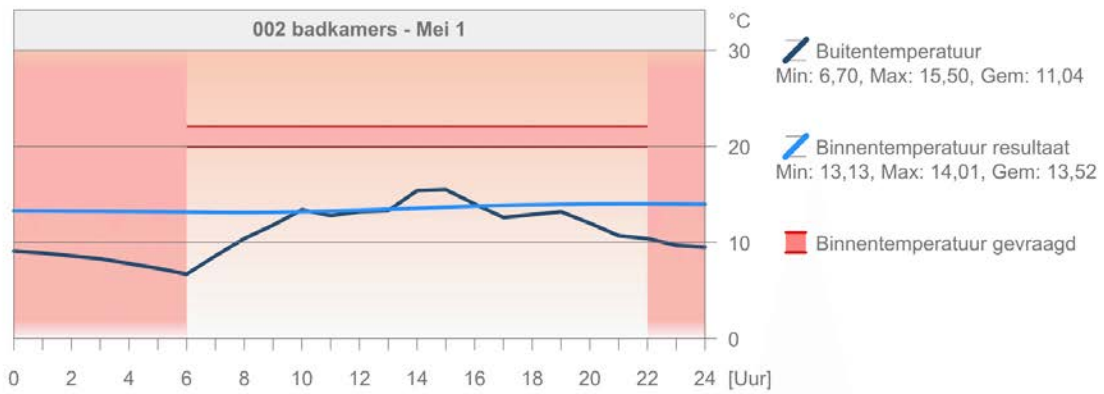
Verwarming: 0 uur
Koeling: 0 uur

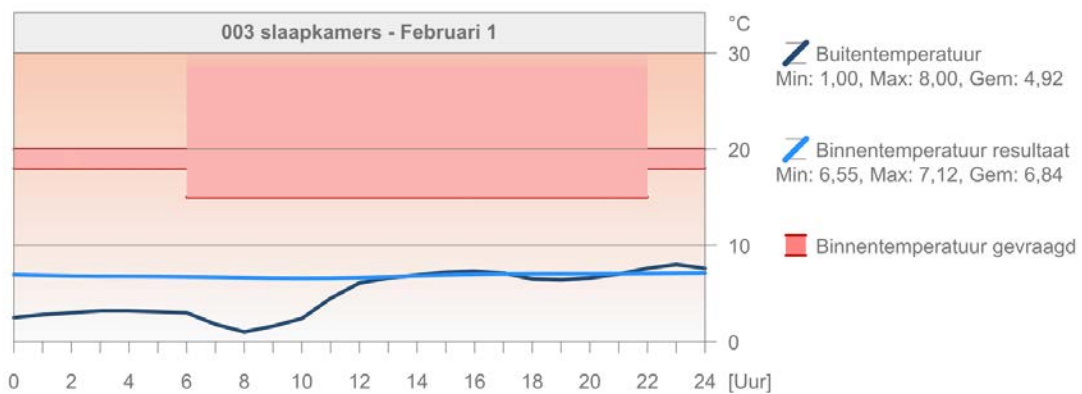
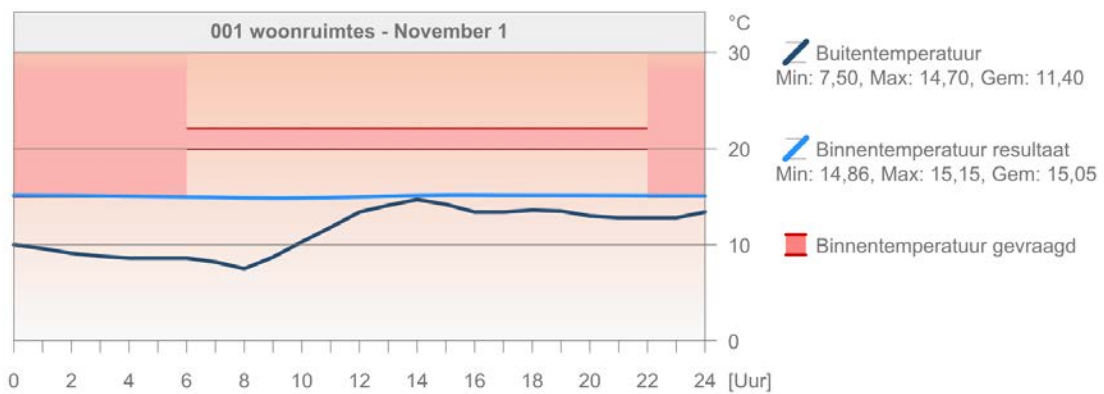
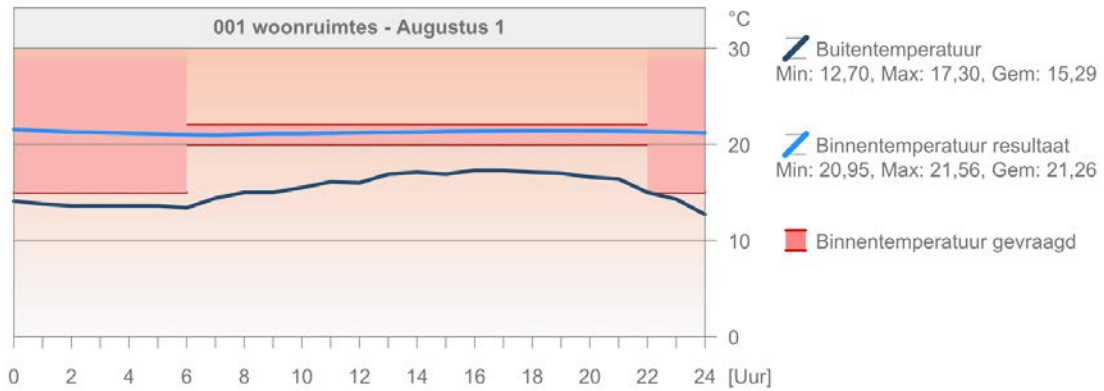
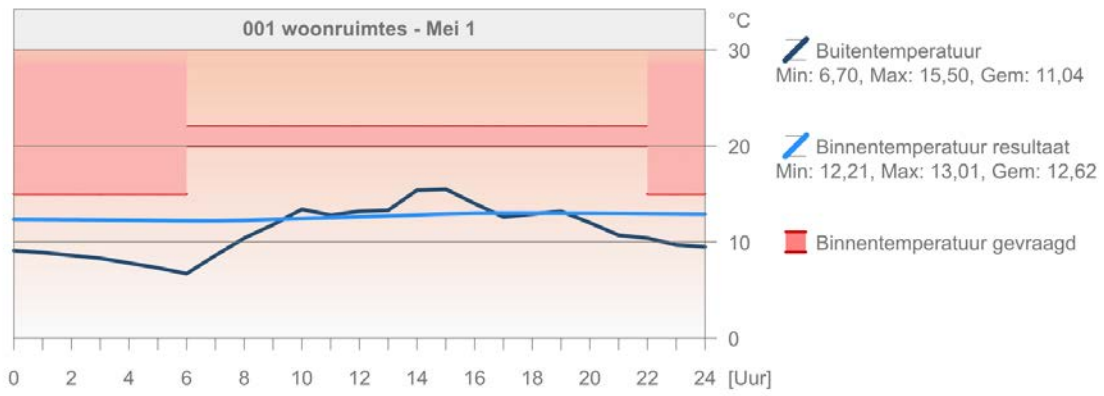
Onvervulde comforturen per jaar

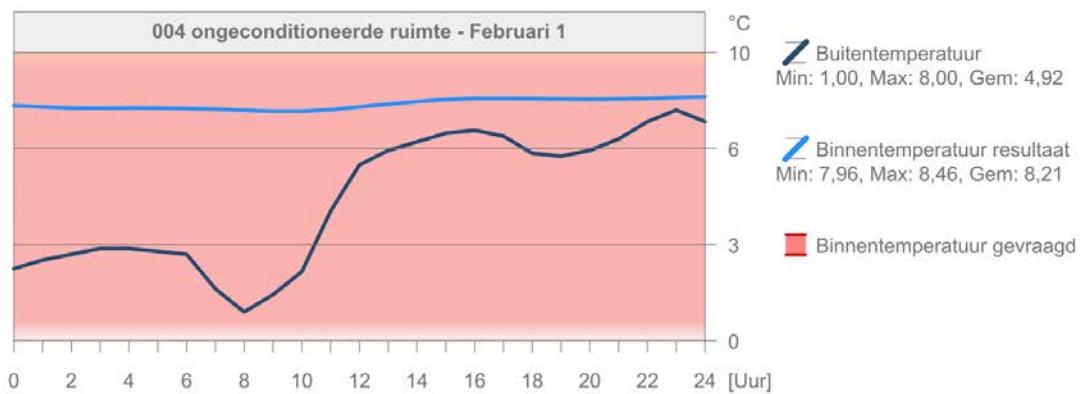
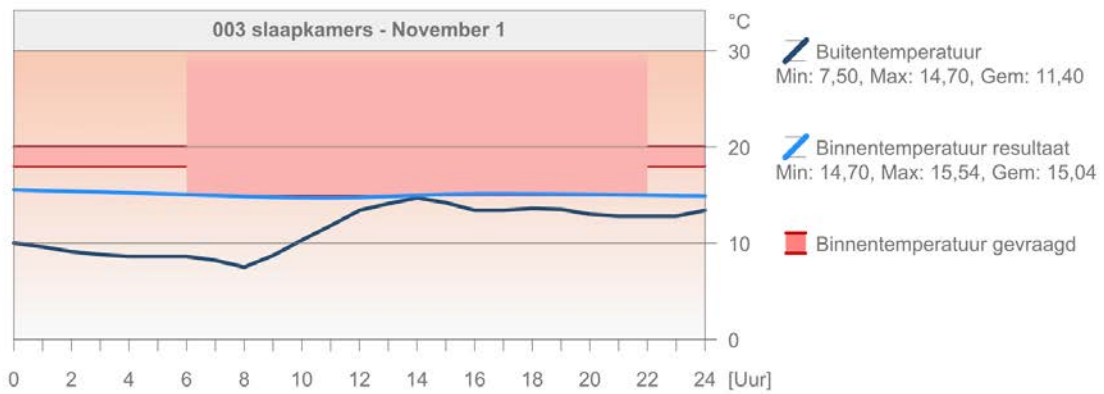
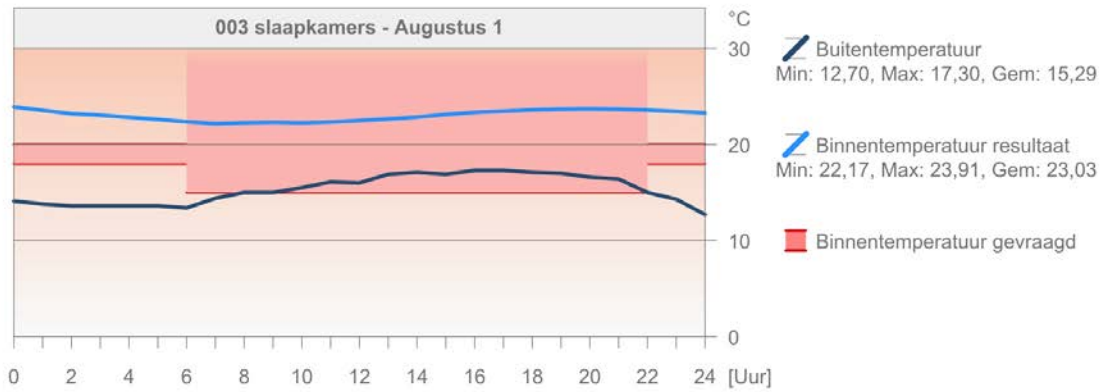
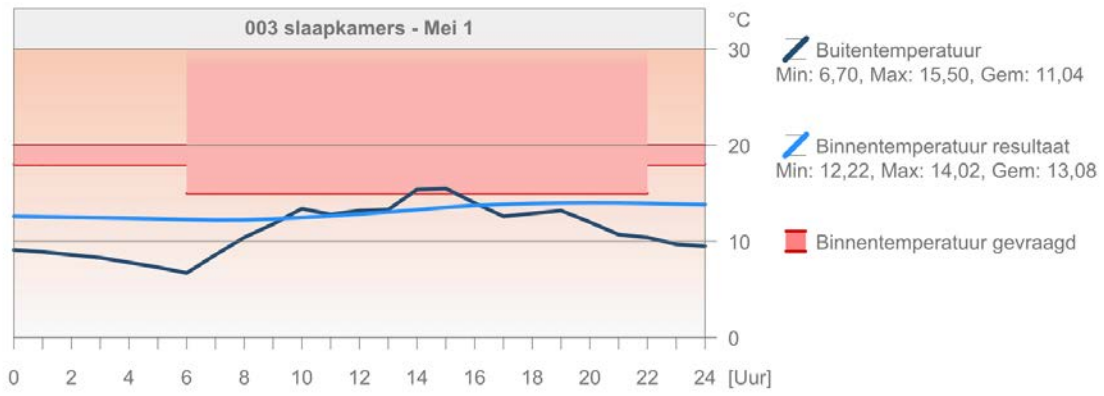
Verwarming: 6376 uur
Koeling: 961 uur

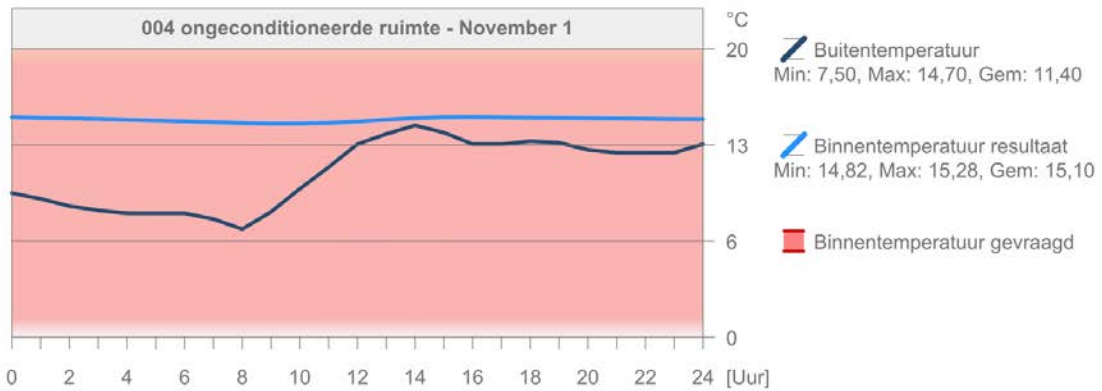
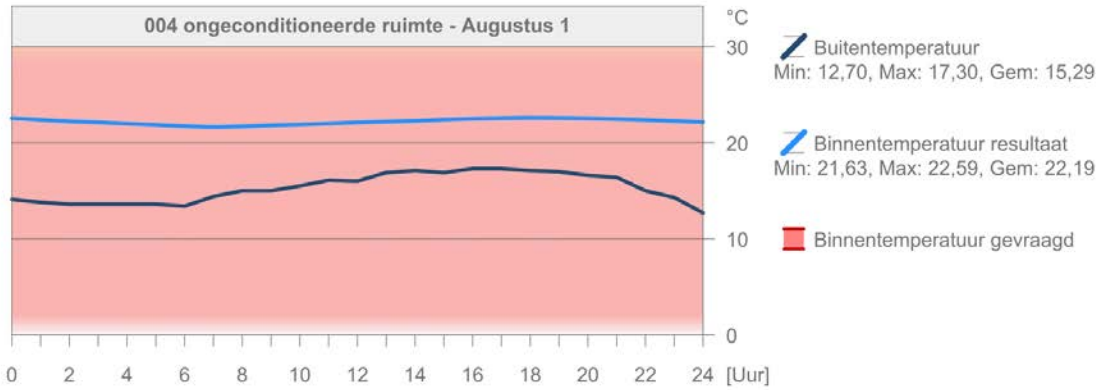
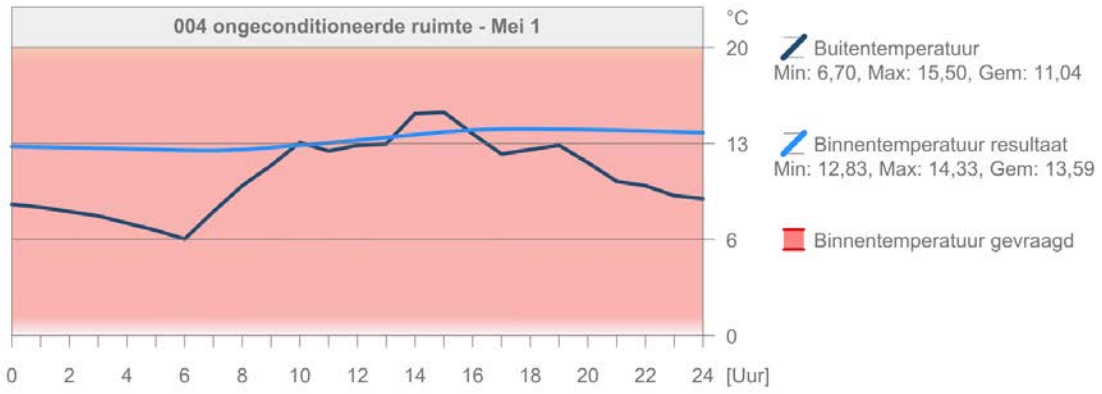
Temperatuurprofiel per dag





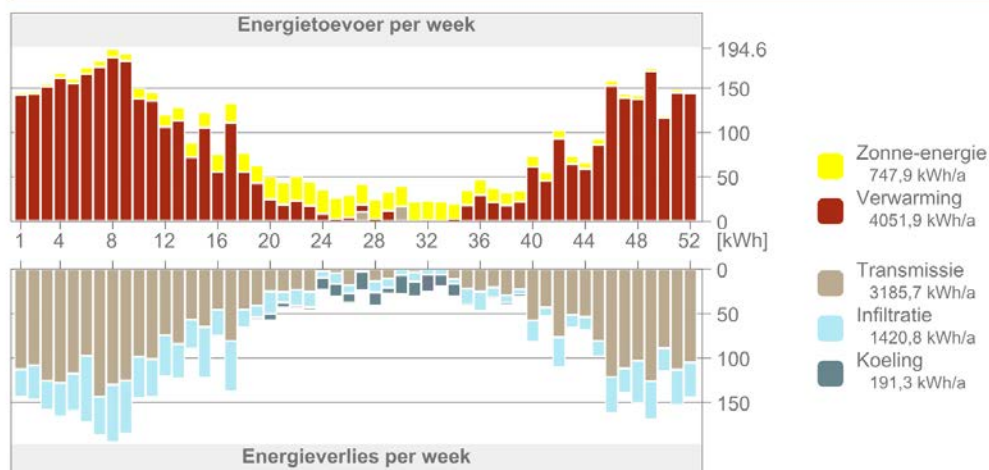






Bijlage 34: resultaten van de simulatie 3.17 EHP woning waarbij screens zijn aangebracht en zonwerende isolerende dubbele beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het oosten, zuiden en westen en waarbij zeer isolerende drievoudige beglazing met zeer isolerend raamkader geplaatst is in het noorden met technieken

Energiebalans project



Ontwerpgegevens W-installaties

Klimaatzone	Verwarming		Koeling		Binnen temperatuur	
	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	per jaar [kWh]	per uur piek [kW]	Min. [°C]	Max. [°C]
002 badkamers	175	0.2 07:00 mrt 01	8	0.1 19:00 juli 05	17.5 06:00 feb 09	22.5 24:00 juli 05
001 woonruimtes	2927	1.8 07:00 mrt 01	0	0.0 --	17.2 06:00 feb 17	21.7 18:00 juli 08
003 slaapkamers	948	1.5 23:00 feb 08	182	1.5 23:00 juli 05	14.7 13:00 mrt 01	24.2 22:00 juli 05
004 ongeconditioneerde ruimte	0	0.0 --	0	0.0 --	12.1 09:00 feb 20	23.9 18:00 juli 06
Alle klimaatzones:	4051	2.0 07:00 mrt 01	191	1.5 23:00 juli 05		

Aantal gebruiksuren per jaar:

Verwarming: 6393 uur
Koeling: 1016 uur

Onvervulde comforturen per jaar

Verwarming: 282 uur
Koeling: 38 uur

Energieverbruik per voorziening

Voorziening	Energie			CO ₂ Emissie [kg/j]
	Hoeveelheid [kWh/j]	Primair [kWh/j]	Kosten [EUR/j]	
Verwarming	4051	4608	251	875
Koeling	191	328	5	7
Warm water	0	0	0	0
Ventilatoren	0	0	0	0
Verlichting & apparatuur	0	0	0	0
Totaal:	4243	4936	257	882

Temperatuurprofiel per dag

