

duurzaamheid onderzoek

Rijnstate ziekenhuis

patiëntenkamers



Student

Ianthe Simonse
Clarenstraat 7a
2611 RD Delft

Bouwkunde
Afst. ri: bouwtechniek
Code: TBWK-AFA8-03
St.nr: 1586775
ianthe.simonse@student.hu.nl
ianthe.simonse@djga.nl
0627074180

Hogeschool

Hogeschool Utrecht
Faculteit Natuur en Techniek
Instituut gebouwde omgeving
Nijenoord 1
3552 AS Utrecht

1e begeleider:
Marian van Wershoven
marian.vanwershoven@hu.nl
2e begeleider:
Karel Fouraschen
karel.fourashen@hu.nl

Bedrijf

de Jong Gortemaker Algra
Wilhelminakade 310
3072 AR Rotterdam

Project Streamer
1e begeleider:
Stefan van Nederpelt
stefan.vannederpelt@djga.nl
2e begeleider:
Martjan den Hoed
martjan.denhoed@djga.nl



de jong gortemaker algra



Voorwoord

Vier maanden lang heb ik mogen meedraaien in het Streamer project. Hoewel mijn afstudeer onderzoek daarbinnen valt, is het onderzoek meer gericht op detailniveau dan binnen het Streamer project. Ondanks dat heb ik verschillende Streamer vergaderingen mogen bijwonen. Dit waren zeer leerzame momenten. Ik heb kunnen zien hoe een grootschalig, internationaal project te werk gaat, hoe er wordt gecommuniceerd en welke stappen er zijn gemaakt in de afgelopen maanden. Ik heb naast dit onderzoek ook kleine opdrachten voor Streamer gedaan, waarbij ik voornamelijk weer nieuwe BIM technieken heb geleerd. Hierbij wil ik dan ook alle partners van Streamer bedanken voor het kunnen bijwonen van alle vergaderingen en het openstaan voor mijn medewerking.

In de tijd die ik bij dJGA heb gewerkt heb ik zeer veel nieuwe dingen geleerd. Naast het onderzoek heb ik ook bijgeleerd hoe een architectenbureau te werk gaat. Hierbij wil ik in het speciaal Stefan van Nederpelt bedanken. Hij heeft mij tijdens het onderzoek zeer goed begeleid. Vaak zorgde zijn andere kijk of creatieve inbreng voor nieuwe ideeën waarmee ik weer verder aan de slag kon.



Summary

This thesis was written as a part of the European Streamer project.

Streamer is an industry-driven collaborative research project on Energy-efficient Buildings (EeB) with cases of mixed-use healthcare districts that aims to reduce the energy use and carbon emission of new and retrofitted buildings in healthcare districts in the EU by 50% in the next 10 years.

The European Union did start this project because 5% of all the EU money goes to hospitals in Europe. So they did establish the project Streamer with twenty companies to reduce energy consumption in hospitals.

One of the participating hospitals in the project is the Rijnstate hospital in Arnhem. In this thesis I report on my research on energy reduction in patients' rooms of the Rijnstate hospital. The Streamer project works from a high scaled level for reducing energy consumption in hospitals, in this thesis I look to a detail level for reducing energy consumption.

My research

So, this thesis is only about the patient rooms of the Rijnstate hospital. To reduce the energy consumption of the patient rooms I did research on different facades and energy installations. In total there are eight different facades which I have compared and investigated. They are grouped in four parts; climate facades, double skin facades, passive house facades and sun energy facades. All facades I made detail drawings and calculations. The calculations that are made, are about energy performance, materials and costs. Also (small) research is done on the patient comfort and the influences of the facades on the patients.

As a conclusion of the thesis all facades are compared in a matrix. This matrix tells us what is the best option for the Rijnstate hospital.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
2	Verdieping onderzoeksvoorstel	7
2.1	De doelstelling	7
2.2	De kennisvraag	7
2.3	De praktijkvraag	7
2.4	De competentievraag	7
3	Werkwijze: methoden en technieken	9
4	Bestaande situatie Rijnstate ziekenhuis	11
4.1	Het gebouw	11
4.2	Keuze bedkamers	11
4.3	Omschrijving bestaande bedkamers	11
4.4	Omschrijving bestaande installaties	12
4.5	Energie prestatie berekening (EPC) bestaande situatie	13
4.5.1	Inleiding	13
4.5.2	Uitgangspunten EPC-berekeningen bestaande situatie	14
4.5.3	Resultaten EPC-berekeningen bestaande bedkamers	15
4.6	Bevindingen	15
5	Trias Energetica	17
5.1	Inleiding	17
5.2	Energiebesparing	17
5.3	Energieopwekking	18
5.4	Het efficiënt gebruiken van fossiele brandstoffen	18
5.5	Overzichtstabel	18
5.6	Bevindingen	18
6	Gevelvarianten	19
6.1	Keuze gevelvarianten	19
6.2	Klimaatgevel	19
6.2.1	Inleiding	19
6.2.2	Klimaatgevel voor bestaande gevel, variant 1	21
6.2.3	Klimaatgevel voor bestaande gevel met groenbedekking, variant 2	23
6.3	Tweede huidgevel	24

6.3.1	Inleiding	24
6.3.2	Tweede huidgevel verticaal, variant 3.....	25
6.3.3	Tweede huidgevel horizontaal, variant 4	26
6.4	Passiefhuis, variant 5	27
6.5	Zonenergie gevel	28
6.5.1	Inleiding	28
6.5.2	Zonnecollectoren gevel, variant 6	28
6.5.3	Gevel met zonnecellen onder een hoek geplaatst, variant 7.....	30
6.5.4	Zonnecellen vliesgevel, variant 8	32
6.6	Windenergie gevel.....	33
6.7	Deelconclusie.....	34
7	Interieur.....	35
7.1	Binnenwanden.....	35
7.2	Plafonds	36
7.3	Medische en comfort behoevende hulpmiddelen voor patiënten	36
8	Kozijnen	37
8.1	Bestaand kozijn.....	37
8.2	Nieuw kozijn	37
9	Installaties	39
9.1	Werkwijze	39
9.2	Verwarming	39
9.2.1	Bio-WKK.....	39
9.3	Warmtetapwater	40
9.4	Ventilatie	41
9.5	Koeling	41
9.6	E-installaties	42
9.7	Watervoorzieningen	42
10	EPC Gevelvarianten	44
10.1	Inleiding	44
10.2	EPC bestaand met vernieuwde installaties, berekening 8	44
10.3	EPC bestaand met vernieuwde installaties, berekening 9	45
10.4	EPC klimaatgevel voor bestaande gevel, berekening 10.....	45
10.5	EPC klimaatgevel met groengevel, berekening 11	46
10.6	EPC tweede huidgevel verticaal, berekening 12	47

10.7	EPC tweede huidgevel horizontaal, berekening 13.....	48
10.8	EPC passiefhuis, berekening 14.....	48
10.9	EPC zonnecollectoren gevel, berekening 15	48
10.10	EPC zonnecellen gevel, berekening 16.....	49
10.11	EPC vliesgevel, berekening 17	49
10.12	Bevindingen.....	50
10.13	Conclusie EPC gevelvarianten.....	51
11	Materialen	52
11.1	Varianten	52
11.2	Conclusie	52
12	Kosten gevelvarianten	53
12.1	Conclusie	53
13	Patiënt beleving.....	54
13.1	Grootte van de kamer en aantal patiënten op één kamer	54
13.2	Daglichttoetreding.....	54
13.3	Uitzicht	54
14	Matrix	56
14.1	matrix	56
14.2	Bevindingen.....	56
14.3	Conclusie	57
15	Gekozen variant Rijnstate ziekenhuis	58
15.1	Toepassing varianten op andere ziekenhuizen	58
16	Conclusie	59
16.1	Terugkoppeling verdieping onderzoeksvorstel.....	59
17	Literatuurlijst	62
18	Woordenlijst.....	63



1 Inleiding

Deze scriptie is het verslag van het onderzoek dat ik in de periode van september tot januari heb uitgevoerd ten behoeve van mijn afstuderen.

Voorafgaand aan dit verslag heb ik de volgende documenten opgeleverd:

- Plan van Aanpak (d.d.): omschrijving onderzoeksopzet
- Analyseverslag

Voorafgaand aan dit verslag is in het Plan van Aanpak omschreven hoe het onderzoeksproces zal verlopen. Daarnaast is in het analyseverslag zijn onder andere de ziekenhuisstructuren, bedkamers en schillenmethode uitgelicht.

In dit verslag gaan we in op het onderzoek zelf. Hierin wordt onder andere een inleiding gegeven over het Rijnstate ziekenhuis en de bestaande situatie van de bedkamers. Vervolgens worden verschillende mogelijke gevelaanpassingen weergegeven. Van alle varianten wordt een EPC berekeningen in Uniec2 gemaakt. Naast de gevelaanpassingen wordt er o.a. ook naar interieur en patiënten comfort gekeken. Om een Uniec 2 berekening te kunnen maken moeten ook de installaties worden weergegeven. Daarom zal er een uitgebreide verslaglegging gedaan worden van de installaties die worden toegepast, hoe ze aan elkaar worden gekoppeld en wat ze opleveren.

Aan het eind van het onderzoek zal er teruggekoppeld worden naar hoofdstuk 2, verdieping onderzoeksvoorstel. Hieruit zal blijken of de vooraf voorspelde resultaten zijn behaald en of de hoofdvragen zijn beantwoord.



2 Verdieping onderzoeksvoorstel

In het onderzoeksvoorstel (zie: Plan van Aanpak) zijn de hoofdvragen weergegeven. Hieronder worden deze hoofdvragen herhaald met een nadere omschrijving gerelateerd aan de onderzoeksopzet.

2.1 De doelstelling

Het doel van het onderzoek is om door middel van een technische uitwerking en door verschillende varianten te maken van een bedkamer, te achterhalen welke variant bedkamer de minste energie verbruikt, in relatie tot de kosten en het comfort. Daarnaast wordt onderzocht of deze varianten van bedkamers ook toepasbaar zijn in verschillende ziekenhuizen.

2.2 De kennisvraag

De kennisvraag: ‘hoe kan de transformatie naar een energie neutrale gebouwde omgeving op een kosten effectieve wijze worden gemaakt?’

Aan het eind van het onderzoek wordt op deze vraag ingegaan. In de eerste instantie wordt er gekeken hoe de bedkamers van het ziekenhuis zo energiezuinig verbouwd/aangepast kunnen worden in relatie tot kosten en comfort. Bij de conclusie zal gekeken worden of dit ook energie neutraal kan.

2.3 De praktijkvraag

De praktijkvraag: ‘welke geveelaanpassingen kunnen er worden toegepast op een bedkamer van het Rijnstate ziekenhuis in Arnhem, zodat een bedkamer een energiezuinigere waarde krijgt?’

Om antwoord op deze vraag te krijgen worden in dit verslag acht verschillende gevelsoorten geanalyseerd waarvan wordt bekeken of deze toepasbaar zijn op het Rijnstate ziekenhuis. Voor iedere gevelsoort is het volgende gemaakt:

- een EPC-berekening
- een Greencalc+ materialenberekening
- detailtekeningen
- een globaal kostenoverzicht

Hieruit zal uiteindelijk kunnen worden geconcludeerd wat de beste optie voor het Rijnstate ziekenhuis is. Ook wordt gekeken of deze oplossing geschikt is voor andere ziekenhuizen.

2.4 De competentievraag

Vanuit de competentiekaart, bijlage A1, zijn er twee onderdelen waarin ik mij verder wil ontwikkelen. Dit zijn:

- Competentie 1.3 bouwtechniek:

‘Op basis van het uitwerken van het definitief ontwerp en het specificeren van het bouwwerk in een technisch model (BIM en tekeningen) met definitieve indelingen, inrichting en aanzichten, inclusief maatvoering en detaillering.’

- Competentie 4.1 bouwfysica:

‘Opstellen van bouwfysische akoestische en energetische rapportages met betrekking tot de kwaliteit en verbetermogelijkheden van een bestaand gebouw ten behoeve van de waardestelling.’ Bij dit onderzoek zal het alleen niet ten behoeve van de waardestelling gaan, maar ten behoeve van de energiebesparing.

Aan het eind van mijn verslag zal ik terugblikken om te kijken of het tijdens het afstuderen is gelukt om deze competenties te bereiken.

3 Werkwijze: methoden en technieken

Om te kunnen beginnen aan het onderzoek is er voorafgaand aan dit verslag een analyse verslag gemaakt. Hierin wordt de structuur van verschillende ziekenhuizen toegelicht als inleiding op het onderzoek.

Het onderzoek is onderverdeeld in een aantal items:

- Bestaande situatie – hoofdstuk 4
- Aanpassingen aan het gebouw - hoofdstukken 6, 7, 8 en 9
- Berekeningen – hoofdstukken 10, 11 en 12
- Beleving – hoofdstuk 13
- Matrix - hoofdstukken 14 en 15
- Conclusie met terugkoppeling – hoofdstuk 16

Het onderzoek is uitgevoerd voor het Rijnstate ziekenhuis. Om onderzoek te doen naar de bedkamers en mogelijke aanpassingen aan het gebouw moeten er gegevens van de bestaande situatie zijn waarmee een vergelijking kan worden gemaakt. In het item ‘bestaande situatie’ wordt de bestaande situatie van het Rijnstate ziekenhuis toegelicht. Daarnaast wordt er in dat item een keuze gemaakt voor de bedkamer varianten die gebruikt gaan worden als casus voor het onderzoek. Omdat er op dit moment geen EPC berekeningen zijn van de bestaande situatie zijn deze gemaakt met de gegevens die beschikbaar waren van het ziekenhuis.

In het item ‘aanpassingen aan het gebouw’ zijn alle gevelvarianten en aanpassingen aan kozijnen, interieur en installatie omschreven. Dit zijn aanpassingen op de bestaande situatie. Alle keuzes zijn gebaseerd op energie bezuiniging, ofwel Trias Energetica (hoofdstuk 5).

Na aanleiding van de aanpassingen zijn EPC berekeningen gemaakt van de gevelvarianten en worden deze vergeleken met de bestaande situatie. De EPC berekening is de ‘hoofd’ berekening die wordt gedaan, daarnaast wordt er nog een globale berekening gemaakt van het materiaal gebruik en er is een kosten overzicht gemaakt.

Onder ‘beleving’ vallen onderdelen die niet met cijfers vast te stellen zijn, zoals het patiënten comfort en esthetiek.

Bij het onderdeel ‘matrix’ worden alle onderzochte punten samengevat. Hierdoor kunnen de varianten met elkaar vergeleken worden. Uiteindelijk zal er één variant als beste optie voor het Rijnstate ziekenhuis uitkomen.

In de conclusie wordt de gekozen optie omschreven en terug gekoppeld naar het Streamer project en het onderzoeksvoorstel.

In het verslag wordt naar bijlagen verwezen. Deze bijlagen zijn in drie verschillende delen verdeeld:

- Bijlage Algemeen
- Bijlage Tekeningen

- Bijlage Berekeningen

Wanneer er naar een bijlage wordt verwezen staat dit aangegeven als volgt; zie bijlage A2. Hierbij staat de A voor bijlage Algemeen en de 2 voor de tweede bijlage in bijlage Algemeen. Zo zijn op dezelfde manier bijlage Tekeningen en bijlage Berekeningen opgebouwd. Deze bijlage zijn aangegeven met een T en een B.

Op enkele plekken in het verslag en de bijlage zijn QR codes weergegeven. In de Google Play store of Apple app store kan de app 'barcode scanner' gedownload worden. Wanneer je met deze scanner de QR code scant wordt je automatisch doorverwezen naar een filmpje. De filmpjes geven een extra toelichting of verduidelijking van het onderwerp. De filmpjes geven geen nieuwe informatie voor het onderzoek, dus wanneer er geen gebruik gemaakt kan worden van de QR code is het onderzoek nog steeds compleet.

4 Bestaande situatie Rijnstate ziekenhuis

4.1 Het gebouw

Het Rijnstate ziekenhuis bestaat uit twee kruisen die aan elkaar zijn gekoppeld door middel van een atrium, ook wel de kruisenstructuur genoemd. Hierbij bestaat de onderste helft van het ziekenhuis voornamelijk uit de hot floor, de fabriek en het kantoor. Een deel van het kantoor is ook gevestigd in de flat die tegenover het ziekenhuis is gelegen. De derde verdieping in het ziekenhuis is geheel technische ruimte. Van hier uit wordt alle apparatuur aangestuurd. De verdiepingen erboven gelegen bestaan voornamelijk uit bedkamers. In het Rijnstate ziekenhuis bevinden zich in totaal 850 bedden.



Figuur 1 Rijnstate luchtfoto

4.2 Keuze bedkamers

Er zijn verschillende soorten bedkamers: één-, twee-, drie- en vierpersoonskamers. Er zijn voornamelijk twee- en vier persoonskamers.

In totaal worden in het onderzoek vier vierpersoonskamers onderzocht. De vierpersoonskamers bevinden zich aan alle zijden van het gebouw en op alle verdiepingen: daarom is ervoor gekozen om deze 4-persoons bedkamers te gebruiken voor het onderzoek. De kamers zijn dan het beste met elkaar te vergelijken.

Er is binnen het onderzoek gekozen voor twee bedkamers op de vijfde verdieping en twee bedkamers op de zevende verdieping. De bedkamers op de vijfde verdieping zijn in het midden van de gang gelegen en hebben dus maar één gevelvlak dat aan buitenruimte grenst. De kamers op de zevende verdieping liggen aan het eind van de gang in de hoek van het gebouw. Dit betekent dus dat twee gevelvlakken grenzen aan een buitenruimte. Daarnaast is de zevende verdieping de bovenste verdieping van het ziekenhuis, hierdoor bevinden deze bedkamers zich onder het dak. Ofwel, er zijn drie koude vlakken waar de kamers op de zevende verdieping aan grenzen. De reden dat er op zowel de vijfde als de zevende verdieping twee bedkamers worden onderzocht, is omdat op ieder van deze verdiepingen de ene kamer pal op het noorden is gericht, en de andere pal op het zuiden. Dit kan grote verschillen maken in energieverbruik. Zie bijlage T-A, T-B en T- locatie bedkamers, zijn de plattegronden van de 5^e en 7^e verdieping weergegeven. Met in kleur de kamers aangegeven die worden onderzocht. In bijlage T-3D bedkamers is het 3D beeld weergegeven van de verpleeggangen waar de kamers in liggen.

4.3 Omschrijving bestaande bedkamers

De bedkamers zijn in principe allemaal gelijk aan elkaar zoals hierboven is beschreven. Ook de opbouw van de gevel is gelijk bij elke variant. Op dit moment bestaat de gevel uit betonnen elementen van 120 mm dik. Daarvoor is isolatie geplaatst met een dikte van 100 mm. De afwerking van de gevel bestaat uit een baksteenlaag van 100 mm dik. De opbouw is telkens los per verdieping,

dit betekent dus dat de gevel uit prefab betonelementen bestaat met daarvoor isolatie en baksteen geplaatst. In bijlage T-detail 1 en T-detail 2 zijn de details weergegeven van de huidige situatie.

In bijlage A2 is een overzicht van het energieverbruik van het Rijnstate ziekenhuis de afgelopen negen jaar weergegeven. Dit is een weergave voor het gehele ziekenhuis. Hoeveel energie de bedkamers verbruiken is onbekend. Dit zal niet precies het totale energie verbruik gedeeld door het oppervlakte zijn, omdat de operatiekamers meer energie verbruiken dan de bedkamers, maar bijvoorbeeld de gangen weer minder. Het totale oppervlak van het ziekenhuis is 72.000 m². Het oppervlak van de bedkamer is ongeveer 12 m² per bed. Er zijn 850 bedden aanwezig in het Rijnstate aanwezig, wat dus betekent dat ongeveer 10.200 m² bedkamer is. Dit is dus maar 14% van het gehele ziekenhuis. Een hele globale schatting, waarbij bijlage A2 wordt gebruikt, zou kunnen aangeven dat het energieverbruik van de bedkamers afgerond 20.000 GJ is. De exacte gegevens zijn niet bekend, op dit moment doet het Rijnstate ziekenhuis daar zelf onderzoek naar.

4.4 Omschrijving bestaande installaties

Bij het ziekenhuis is nagegaan welke installaties er aanwezig zijn. Deze gegevens zijn nodig voor de energie prestatie berekeningen. De volgende installaties zijn aanwezig.

De warmteopwekkers

- 2 aardgas gestookte stoomketels (Cap. 3,2 MW/p.st.) waarbij de stoom tevens wordt omgezet in CV- water
- 2 aardgas gestookte WKK's (Cap. 650 KW) waarvan de restwarmte wordt ingezet voor CV-water en absorptiekoeling
- 1 aardgasgestookte conventionele CV-ketel (Cap. 3,2 MW). Deze doet slechts dienst als de voorgaande opwekkers tekort schieten.

Daarnaast zijn er verschillende circulatiepompen aanwezig.

Het warmwatersysteem is voor Arnhem uitgelegd op een temperatuurtraject van 100 °C aanvoer en 60 °C retour. Er wordt op dit moment nog geen gebruik gemaakt van een externe warmte leverancier.

De warmte wordt in de bedkamer afgegeven door middel van radiatoren die zich onder de (gevel)ramen bevinden.

Warmtetapwatersysteem

- Het warmtapwater wordt verwarmd middels CV-water d.m.v. platenwisselaars
- Er is geen douche WTW of zonneboiler aanwezig

Ventilatie

Er zijn meerdere luchtbehandelingskasten aanwezig. Deze zijn ingedeeld naar functie. De luchtbehandelingskasten zijn voorzien van zowel een verwarmings- als koelbatterij.

De luchtbehandelingskasten zijn ook voorzien van warmteterugwinning door middel van een warmtewiel. Er wordt met uitzondering van de OK ruimten geen recirculatie toegepast.

In het gehele ziekenhuis wordt een mechanisch geventileerd toe- en afvoer systeem toegepast. Dus ook in de bedkamers, badkamers en toiletten.

Koelsysteem

Koeling vindt plaats door middel van twee stuks schroefkoelmachines en één stuks absorptiekoelmachine, waarbij de absorptiekoelmachine zijn warmte uit het CV-systeem haalt. Daarnaast wordt de lucht wordt bevochtigd doormiddel van stoombevochtiging.

E-installaties

Er zijn 660 zonnepanelen toegepast op het dak van het ziekenhuis, met in totaal een oppervlak van 1056 m².

De verlichting die in de bedkamers is toegepast zijn TBS tl verlichting van Philips.

4.5 Energie prestatie berekening (EPC) bestaande situatie

4.5.1 Inleiding

Met het programma Uniec 2.0 zijn de EPC berekeningen gemaakt. Hierbij is begonnen met EPC berekeningen van de bestaande situatie. Zoals in paragraaf 4.4 is beschreven bevinden zich in het gebouw twee WKK installaties en twee stoomketels. In de EPC berekening kan er maar één van de twee installaties worden aangesloten op de rekenzone in Uniec, ofwel bedkamer. Daarom is ervoor gekozen om voor bedkamer 1 zowel een berekening te maken met de stoomketels als met de WKK. In berekening 1, zie bijlage B1-1. komt er een EPC van 5,6 uit. Daarentegen komt er bij berekening 3, zie bijlage B1-3 een EPC van 4,6 uit. Dit betekent dus dat de WKK installatie gunstiger is dan een stoomketel.

Er is aangenomen dat de WKK installatie al vanaf de bouw aanwezig is in het ziekenhuis. De WKK installatie is uitgevonden tussen ongeveer 1974 en 1980 door een bloemenbedrijf in Nederland. De eerste WKK's werden door het bloemenbedrijf in samenwerking met CAT (Caterpillar) ontwikkeld. Zie bijlage A3. De WKK installatie die zich op dit moment in het gebouw bevindt is van dezelfde leverancier. Daarnaast zal de energievraag in die tijd ook al zo groot zijn geweest dat de twee WKK installaties niet gemist konden worden. Om deze redenen wordt aangenomen dat de WKK installaties al vanaf de bouw van het Rijnstate aanwezig waren.

Daarnaast is er onderscheid gemaakt tussen de installatie varianten met en zonder PV panelen. Ondanks de grote hoeveelheid PV panelen die op het dak zijn aangebracht, met in totaal een oppervlakte van 1056 m², geeft het maar weinig verschil op de EPC berekening. Hierbij wordt wel rekening gehouden met het gegeven dat er voor één bedkamer eigenlijk maar 0,55 m² aan PV paneel aanwezig is. Er is voor gekozen om de verschillende berekeningen te maken met en zonder PV panelen om te kijken wat de verschillen zijn. De PV panelen zijn ook pas in 2013 geplaatst, dus hiervoor deed het ziekenhuis het zonder PV panelen. Zie bijlage A4. Daarnaast is het de bedoeling dat het ziekenhuis in de toekomst de energie van de PV panelen afstaat aan de wijkbewoners rondom het ziekenhuis. Dit zal betekenen dat in de toekomst de energie van de PV panelen niet meer door het ziekenhuis gebruikt kan worden. In de EPC berekeningen zijn de PV panelen dus niet opgenomen.

Er is gekozen om verder te rekenen met berekening vijf, bedkamer 2. Zie bijlage B1-5. Dit is de variant met de WKK installatie en waarbij de PV-panelen niet in de berekening zijn meegenomen. De kamer is op het zuiden gericht. Zie bijlage B1 voor een overzicht van de EPC berekeningen.

4.5.2 Uitgangspunten EPC-berekeningen bestaande situatie

Er zijn geen EPC-gegevens beschikbaar van het Rijnstate Ziekenhuis. Ten behoeve van dit onderzoek zijn er een aantal EPC-berekeningen uitgevoerd van de bestaande situatie, zodat deze resultaten vergeleken kunnen worden met de diverse varianten.

In de hoofdstukken 4.4 en in 4.5 Energie prestatie berekening (EPC) is beschreven welke installaties er zijn toegepast in de EPC berekeningen en de verschillende EPC waarden die uit de huidige berekeningen komen. Hieronder is per stap van de EPC berekening omschreven voor welke invoer is gekozen. Hierbij is voor een uitleg gekozen van de bestaande variant van de bedkamer op de vijfde verdieping, gericht op het noorden. Deze variant is inclusief de PV-panelen. Deze variant is berekening 4 in de bijlage B1-4.

Indeling gebouw

- De massa van de vloer kan berekend worden door uit te gaan van een gewapende betonvloer van 200 mm dik. Gewapend beton is 2200 kg/m³. 200 mm dik is dus 1/5 van 1000 mm. Dit betekent dus; $2200/5 = 440$ kg/m². Ofwel, de massa is > 400 kg/m².
- Er is een systeem plafond aanwezig, ofwel, een gesloten plafond.
- Gebruiksfunctie; gezondheidszorgfunctie met bedgebonden patiënten
- De oppervlakte van de bedkamer is 35,75 m².
- De rekenzone staat niet in open verbinding met een andere verblijfsruimte.
- De 80% regel maakt in het geval van de bedkamer niet uit voor de EPC.

Infiltratie

- Het is een tussengelegen laag in een standaard gebouwtype, waarin geen open verbrandingstoestellen aanwezig zijn.
- Daarnaast zijn de juiste gebouwafmetingen ingevoerd.

Bouwkundig

- Bij het definiëren van de dichte scheidingsconstructies is de Rc met de hand berekend.
- Er moet een Rc waarde worden ingevoerd, dit geldt ook voor een binnenwand of vloer. Deze Rc waarde geeft geen verschil in de berekening, aangezien er vanuit wordt gegaan dat dit grenst aan een algemeen verwarmde ruimte. Ofwel, de Rc waarde van deze vlakken heeft geen invloed op de berekening.
- De U waarde van het raamkozijn wordt berekend met behulp van de warmtedoorgangscoëfficiënt en lineaire warmtedoorgangscoëfficiënt. Deze waarden zijn genomen voor dubbel glas. Daarnaast is er voor een standaard kozijntype van metaal gekozen. Hieruit komt een U waarde van 3,29. De Ggl / Gps waarde ligt bijna altijd op 0,60.
- Bij definitie van aanwezige scheidingsconstructies is aangegeven of het vlak grenst aan een algemeen verwarmde ruimte of aan de buitenlucht.

W-installaties

- Het verwarming en warmtetapwater systeem bestaat uit een gescheiden systeem, dus er worden twee invoeren gedaan. Een combi systeem is bijvoorbeeld stadverwarming, maar ook de andere systemen worden hier niet toegepast. In de meeste gevallen is het een collectief systeem, bijvoorbeeld bij het toepassen van een WKK installatie.
- Het opweksysteem bestaat uit een WKK installatie. Er mag alleen lage temperatuur worden ingevoerd als de gemiddelde aan en afvoer temperatuur op 50% ligt. Bij het Rijnstate ligt dit op

80%, ofwel, hoge temperatuur. Het vermogen van de WKK installaties ligt op 650 kW per opwekker. Zoals aangegeven is er een CV die eventueel kan bijverwarmen indien nodig. De warmte wordt in de bedkamers afgegeven door middel van radiatoren.

- Bij het warmtapwater is aangenomen dat er zonder warmwatervoorraadvaten wordt gewerkt. De gasgestookte ketel ligt buiten de rekenzone, ofwel in dit geval ook buiten de EPC begrenzing. Aangezien de installaties zich allemaal op de derde verdieping bevinden liggen alle tappunten op een afstand groter dan 3 meter.
- Er worden geen douche WTW en zonneboiler toegepast.
- Er is mechanische toe- en afvoer als ventilatie systeem toegepast. Hierbij is geen terug regeling van de ventilatielucht toegepast, maar wel warmteterugwinning door middel van een warmtewiel.
- Zoals is aangegeven is er absorptiekoeling en twee schroefkoelmachines aanwezig. Aangezien ze niet beide ingevoerd kunnen worden is er gekozen voor de absorptiekoeling, aangezien deze is gekoppeld aan de WKK.
- Bevochtiging vindt plaats door middel van stoombevochtiging. Dit wordt (deels) geleverd door de stoomketels.

E-installaties

- Er is bij het verlichtingssysteem geen aanwezigheidsdetectie en armatuurafzuiging aanwezig. De verlichting heeft een handmatige vertrekschakeling.

4.5.3 Resultaten EPC-berekeningen bestaande bedkamers

Hierbij komt de EPC van bedkamer 1, (vijfde ver., noord), berekening 4, bijlage B1-4 uit op een EPC van 4,6.

De EPC van dezelfde kamer maar dan op het zuiden, bedkamer 2, berekening 5, bijlage B1-5 komt uit op een EPC van 4,7. Dit komt waarschijnlijk doordat de warmtelast groter is dan op de noordzijde.

Vervolgens gaat er gekeken worden naar de bedkamers op de zevende verdieping. Hetgeen wat hierbij wordt aangepast ten opzichte van de bedkamers op de vijfde verdieping zijn de gevelvlakken. Bij de bedkamer op het noorden gericht komt er een gevel op het oosten bij. Deze gevel zorgt ervoor dat de EPC zelfs iets gunstiger wordt. Daarnaast komt er ook een dakvlak bij. Het dakvlak is uiteindelijk hetgeen wat voor een veel ongunstigere EPC zorgt. De EPC bij bedkamer 3, berekening 6, zie bijlage B1-6, komt uit op een EPC van 5,5.

Wanneer we naar bedkamer 4 (zevende ver., zuid) kijken, berekening 7, bijlage B1-7, is zichtbaar dat het EPC verschil maar heel weinig is ten opzichte van de noord variant. De EPC komt uit op 5,4. Opvallend is dat op de zevende verdieping de zuidgevel positiever uitvalt, en op de vijfde verdieping de noordgevel positiever uitvalt.

Voor de nieuwe varianten wordt er verder gerekend met berekening 5, vijfde verdieping op het zuiden gericht met WKK installatie.

4.6 Bevindingen

De EPC waarden die uit de bestaande situatie komen zijn erg hoog, waarbij in de eerste instantie gedacht kan worden dat dit niet juist is. Bij de berekening moet rekening worden gehouden met het gegeven dat het om een bestaand ziekenhuis gaat uit 1992. In 1992 is het eerste bouwbesluit

vastgesteld. In dit bouwbesluit was er nog geen EPC eis aan de orde. Er werd op dat moment alleen nog naar de Rc waarde van uitwendige scheidingsconstructies gekeken en eventueel werd er een It (isolatie index) berekening gemaakt. De It berekening maakte het mogelijk om aan een zijde van het gebouw slecht te isoleren, en daarentegen aan de andere zijde het gebouw beter te isoleren. Wat dus betekend dat aan de ene zijde van het gebouw de Rc waarde hoger uitkomt dan de eis, en aan de andere zijde lager dan de eis. De It waarde zorgde dus voor een gemiddelde. De Rc waarde lag in 1992 op 2,5. In de gevel wordt deze Rc waarde ruim gehaald, alleen in het dakvlak niet. Maar door de It waarde zou het toch kunnen voldoen aan het bouwbesluit. Zie bijlage A5.

De EPC valt onder de NEN norm en wordt dus vaker aangepast dan het bouwbesluit. Zo is dus ook de EPC eis pas ingesteld in 1995. Uit bijlage A6 blijkt dat de EPC eis van gezondheidszorg klinisch, ofwel kamers met bedgebonden patiënten, op 4,7 lag. Een groot verschil tussen de EPC eis en de eis voor een bepaalde isolatie index is dat bij een EPC berekening ook de installaties worden meegenomen, maar dat bij de isolatie index alleen wordt gekeken naar de Rc waarde. Dit kan dus ook verklaren vanwaar de isolatie in de gevel een dikte heeft van 100 mm. Dat was voor die tijd dikker dan gebruikelijk, maar dit zou kunnen betekenen dat er anders de It waarde niet werd gehaald. Dat de EPC waarde boven de EPC eis van 4,7 in 1995 uitkomt is ook te verklaren. In 1992 was hier nog geen regelgeving voor, ofwel, de installaties werden nog niet meegenomen in een berekening. Dit kan dan ook de reden zijn dat gemiddeld de EPC boven de 4,7 uit kwam.

Op dit moment is de EPC voor nieuwbouw van bedgebonden patiënten kamers 2,6. Voor woningen ligt het op dit moment op 0,6 en gaat het zelfs in 2015 naar 0,4. Hieraan is te zien dat bij ziekenhuizen een groter energieverbruik wordt getolereerd. Voor bestaande bedkamers is er geen EPC eis vastgesteld in het bouwbesluit. Door middel van het toepassen van nieuwe installaties wordt er gekeken of de EPC omlaag kan worden gehaald. Daarnaast zal er van elke gevelvariant een EPC berekening worden gemaakt om te vergelijken welke gevel het meest gunstig is.

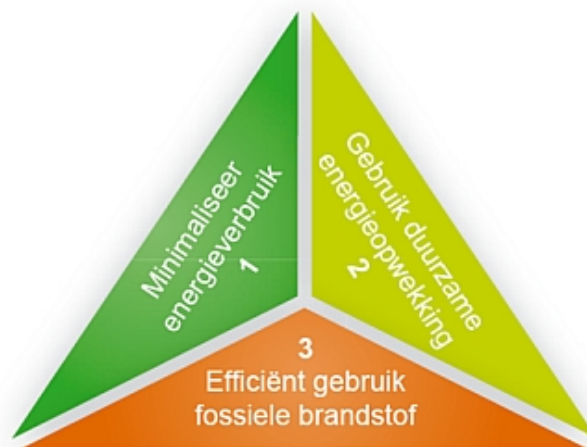
5 Trias Energetica

5.1 Inleiding

De Trias Energetica is een driestappenstrategie om een energiezuinig ontwerp te maken. Deze strategie werd in 1979 ontwikkeld door de studiegroep StadsOntwerp en Milieu (SOM-1) aan de TU Delft onder leiding van Kees Duijvestein en gepubliceerd in het tijdschrift BOUW. In 1996 is deze drie stappenstrategie internationaal geïntroduceerd.

De drie stappen van de Trias Energetica zijn basisvuistregels bij het duurzaam ontwerpen van gebouwen. Deze drie stappen zijn:

1. Energiebesparing: beperk het energieverbruik door verspilling tegen te gaan; bijvoorbeeld een compacte gebouwvorm of door isolatie van gevels en daken.
2. Energieopwekking: maak maximaal gebruik van energie uit duurzame bronnen, zoals wind-, water-, en zonne-energie; bijvoorbeeld door installatie van een zonneboiler of een zonnepaneel
3. Efficiënt gebruik van fossiele brandstoffen: maak zo efficiënt mogelijk gebruik van fossiele brandstoffen om in de resterende energiebehoefte te voorzien; bijvoorbeeld door gebruik te maken van een warmtepomp, lage temperatuurverwarming (vaak in de vorm van vloerverwarming) of het beperken van leidinglengten van verwarmings- en ventilatiesystemen.



Figuur 2 Trias Energetica, bouwprofsnederland.nl

Bron: Wikipedia

De Trias Energetica is een simpel opgezet, maar efficiënt stappenplan. Hierdoor is een goeie beginstap voor dit onderzoek. Hieronder staat een korte uitleg van de Trias Energetica toegepast op een ziekenhuis.

5.2 Energiebesparing

Er kan op veel verschillende punten energie worden bespaard. Er zijn globaal twee vormen van energiebesparing:

- aanpassing van gedrag van de gebruikers van een gebouw
- aanpassing van installaties en bouwkundige aanpassingen die minder energie gebruiken

In de overzichtstabel is de tweede manier uitgelicht. De eerste vorm van energiebesparing is voornamelijk van toepassing op verpleegkundigen: die kunnen bijvoorbeeld de mechanische ventilatie zelf schakelen en aanpassen op het aantal patiënten dat aanwezig is in de kamer.

Een voorbeeld van energiebesparing door middel van installaties en bouwkundige aanpassingen is het toepassen van vloerverwarming of dikkere isolatie. Voor deze aanpassingen zijn wel grote bouwkundige ingrepen nodig. Een minder grote ingreep is bijvoorbeeld het gebruik maken van zonlicht voor opwarming van het gebouw. Deze opties worden in het onderzoek meegenomen.

5.3 Energieopwekking

Na aanpassingen voor energiebesparing te hebben toegepast kan er gekeken worden naar manieren om duurzame energie op te wekken. Dit gebeurt door middel van meestal bekende installaties, zoals PV panelen, zonnecollectoren en windenergie. Aan deze middelen zijn vaak hoge kosten verbonden, dus moeten ze zo efficiënt mogelijk worden toegepast. Een bredere toepassing brengt vaak relatief lagere kosten met zich mee t.o.v. de opbrengst. Tijdens het onderzoek zal er gekeken worden welke installaties (eventueel in de gevel) kunnen worden toegepast om duurzame energie op te wekken.

5.4 Het efficiënt gebruiken van fossiele brandstoffen

Omdat op dit moment het nog steeds lastig is om een gebouw geheel op duurzame energie te laten functioneren is de laatste stap het nuttig gebruiken van fossiele brandstoffen. Een goed voorbeeld hiervan is de warmte krachtkoppeling. Hierbij wordt niet alleen elektriciteit opgewekt, maar ook de warmte die vrij komt bij de opwekking van elektriciteit, wordt opgeslagen en gebruikt. Hierbij worden de fossiele brandstoffen dus efficiënter gebruikt. Tijdens het onderzoek worden installaties toegelicht waarbij dit van toepassing is.

5.5 Overzichtstabel

In bijlage A7 staat een tabel die een overzicht geeft van de mogelijke aanpassingen in ziekenhuizen op basis van de drie bovengenoemde onderdelen. In dit tabel worden verschillende onderdelen bekeken en inschattingen gemaakt, bijvoorbeeld van de kosten.

5.6 Bevindingen

In het tabel zijn verschillende aanpassingen toegelicht. Er is niet gekeken of de aanpassingen mogelijk zijn op het Rijnstate, maar welke energie zuinige mogelijkheden er zijn voor ziekenhuizen. Bepaalde onderdelen zijn niet mogelijk op het Rijnstate. Een voorbeeld hiervan is vloerverwarming. Wanneer deze gelegd moet worden zal de bovenkant van de dekvloer ook hoger komen te liggen. Hierdoor ontstaan er ingewikkelde aansluitingen bij de trappen en lift. Vloerverwarming is dus niet mogelijk. De onderdelen die wel mogelijk zijn worden in de nieuwe ontwerpen van de gevelvarianten en installaties meegenomen.

6 Gevelvarianten

In de onderstaande gevelvarianten zijn er varianten waarbij de bestaande gevel blijft bestaan en er zijn varianten waarbij de gehele baksteen en isolatie laag worden gesloopt en er een nieuwe gevelafwerking wordt toegepast. Daarnaast zal in bijna alle varianten een nieuw kozijn worden toegepast.

6.1 Keuze gevelvarianten

Er is afweging gemaakt tussen verschillende geveltypen. Hierbij is gekeken naar gevels die energiebesparend of energieopwekkend zijn. Door verschillende afwegingen en het samenvoegen van varianten zijn er uiteindelijk acht verschillende gevelvarianten ontstaan. Deze gevelvarianten zijn onderverdeeld in de gevelsoorten; klimaatgevel, 2e huidgevel, passiefhuis gevel en zonenergie gevel. Daarnaast is onderzocht of het mogelijk is om windenergie op te wekken in de gevel. Dit staat los van de gevelvarianten, want het kan toegepast worden in zowel de klimaatgevel varianten, de 2e huidgevel varianten en de vliesgevel met zonnecellen variant.

De onderzochte gevelvarianten zijn:

Klimaatgevel (zie 6.2)

- klimaatgevel voor bestaande gevel (zie 6.2.2)
- klimaatgevel voor bestaande gevel met groenbedekking (zie 6.2.3)

Tweed huid gevel (zie 6.3)

- tweede huidgevel verticaal (zie 6.3.2)
- tweede huidgevel horizontaal (zie 6.3.3)

Passiefhuis (zie 6.4)

- bestaande gevel na-geïsoleerd (zie 6.4)

Zon energie gevel (zie 6.5)

- zonnecollectoren gevel (zie 6.5.2)
- zonnecellen onder een hoek geplaatst (zie 6.5.3)
- vliesgevel met zonnecellen toegepast (zie 6.5.4)

Windenergie gevel (zie 6.6)

- windmolens in de hoeken van de gevels verwerkt (zie 6.6)

6.2 Klimaatgevel

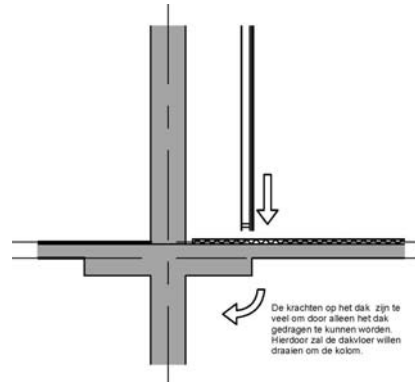
6.2.1 Inleiding

Een klimaatgevel wordt voor de bestaande gevel geplaatst. Achter de klimaatgevel moet zeker een afstand van 60 cm zitten tot aan de bestaande gevel. De ruimte wordt gebruikt door voornamelijk

glazenwassers voor het schoonmaken van zowel de ramen als de klimaatgevel. Bij een klimaatgevel is de gevel die zich aan de buitenzijde bevindt de isolerende laag.

De klimaatgevel bevindt zich ongeveer één meter van de bestaande constructie. Hierdoor moeten de verticale krachten van de gevel onderaan of bovenaan de klimaatgevel worden opgevangen. Onder 'het hotel' bevindt zich de rest van het ziekenhuis, wat zich over een groter grondoppervlak heeft uitgespreid. Dit betekent dus dat de klimaatgevel bijna altijd aan de onderzijde aansluit aan een dakoppervlak. Zie bijlage A8.

De klimaatgevel zou aan kunnen sluiten op het onderliggende dak, maar dat zal betekenen dat de ondergelegen constructie de krachten moet kunnen opvangen. Aangezien de klimaatgevel ongeveer een meter van de bestaande constructie ligt, zal op de plek waar de klimaatgevel op het dak aansluit er zich geen (hoofd)constructie onder het dak bevind. Dit betekent dat de klimaatgevel niet door het dak ondersteund kan worden.



Figuur 3 keerpunt kracht

Dan is er nog een andere optie om de krachten van de gevel op te vangen, en dat is door middel van de gevel aan het dak op te hangen. Hierbij worden de krachten verdeeld over de kolommen die onder het dak staan. Deze kolommen dragen de krachten weer af aan de kolommen eronder, en zo door tot aan de fundering. Doordat het gebouw een kruisenstructuur heeft kan de gevel er overheen gelegd worden. Hierdoor wordt de gehele verpleegafdeling 'ingepakt'. Daarnaast zorgt dit er voor dat de gevels in een soort evenwicht verkeren. Zie bijlage A9.

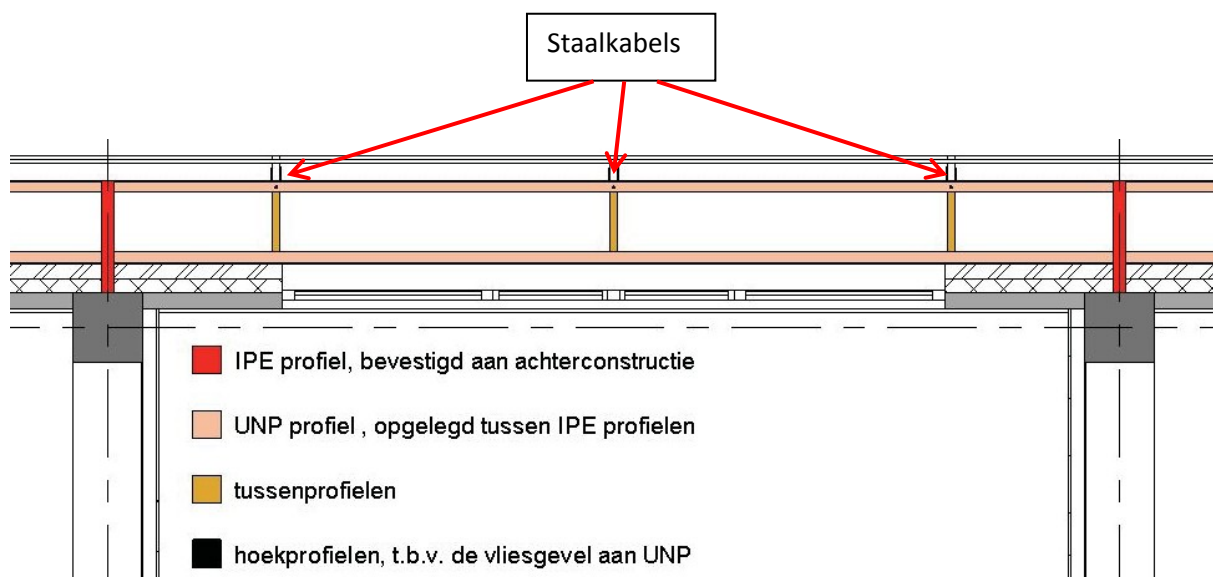
Op de gevel worden ook horizontale krachten uitgeoefend. Dit is voornamelijk windkracht. Het ziekenhuis is in Arnhem gelegen, waardoor de windkracht factor laag is, zoals op de kaart in Figuur 4.

Deze belasting kan afgedragen worden aan de UNP liggers. Hierbij wordt de klimaatgevel op drie punten per gevelvlak (één gevelvlak is van stramien tot stramien) bevestigd met staalkabels. Zie Figuur 5.

Als laatste moet er rekening worden gehouden met de puntbelasting die op de liggers komt te liggen als er bijvoorbeeld glazenwassers tussen de gevel en de klimaatgevel doorlopen. In overleg met de constructeurs van DGJA blijkt dat een IPE 180 profiel daar sterk genoeg voor zal zijn.



Figuur 4 windgebieden nederland



Figuur 5 staalconstructie

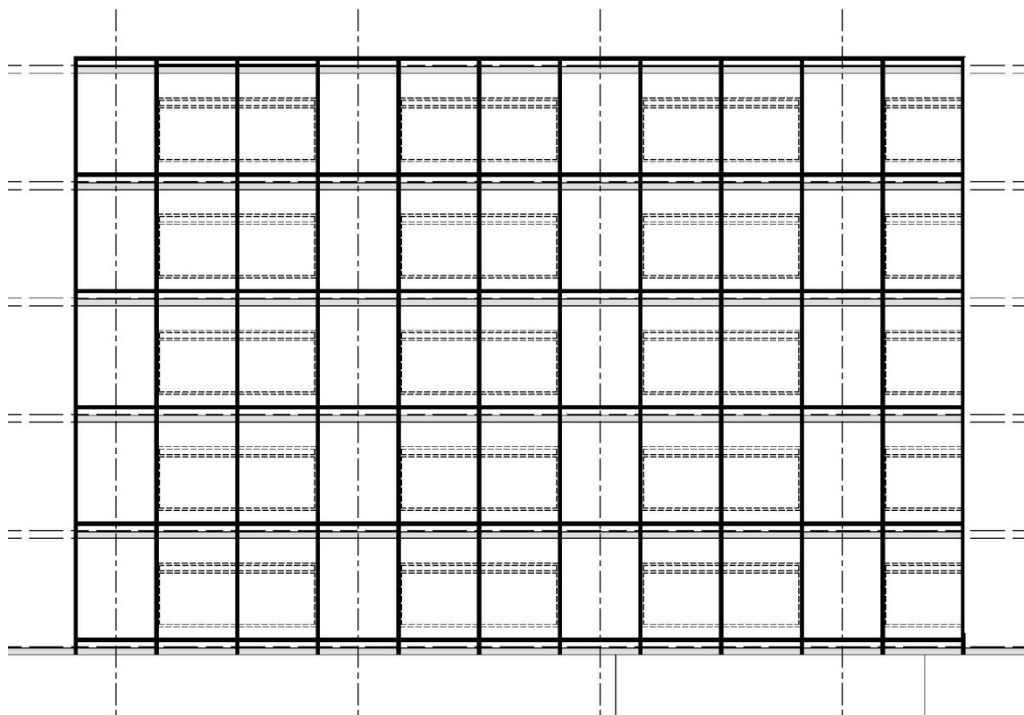
6.2.2 Klimaatgevel voor bestaande gevel, variant 1

Constructie en opbouw

De opbouw van de gevel bestaat uit twee delen: het bestaande deel en het nieuwe deel. Het bestaande deel blijft staan en wordt alleen ter hoogte van de verdiepingsvloeren en de kozijnaansluiting aangepast. De aanpassing die plaats vindt ter hoogte van de verdiepingsvloer is voor de bevestiging van de klimaatgevel. Zie bijlage T detail 3.

Ter plaatse van de kruising van de stramienen en de verdiepingsvloer in het gevelaanzicht worden een aantal stenen en de isolatie verwijderd. Hierachter ligt een kolom. Aan deze kolom kan een IPE profiel bevestigd worden door middel van een aangelaste plaat aan de kopse kant van het IPE profiel. Het IPE profiel wordt vast gebout met vier bouten aan de kolom. Het is belangrijk dat tussen de kolom en de aangelaste plaat een speciale harde isolatie wordt toegepast. Deze isolatie moet de drukkrachten kunnen opvangen van het IPE profiel. Deze isolatiesoorten zijn leverbaar, maar dit betekent wel dat er hogere kosten zijn. Er moet dus in overweging worden genomen of er voor een koudebrug wordt gekozen, waarbij warmteverlies ontstaat, en er dus hoger stookkosten zijn, of dat er voor een dure isolator wordt gekozen. Voor verticale doorsnede kozijn, zie bijlage T, detail 4 en 5.

Vervolgens worden tussen de IPE profielen twee UNP profielen gelegd. Aan dit UNP profiel worden op drie punten twee hoekprofielen bevestigd waaraan de drie stijlen van de vliesgevel (die zich tussen de stramienen bevinden) worden bevestigd. Het aanzicht is dus als volgt: tussen de stramienen bevinden zich drie stijlen, en vlak boven elke verdiepingsvloer de regels, zoals hieronder in Figuur 6 is weergegeven.



Figuur 6 gevelaanzicht klimaatgevel

De regels liggen ongeveer 20 cm boven de UNP ligger. Dit zorgt voor een betere aansluiting met het looprooster en het is makkelijker schoonmaken.

Als laatste wordt het glas en de dekljsten geplaatst. Een belangrijk punt wat wel vermeld moet worden, is dat er in de vliesgevel ook ventilatiekleppen geplaatst moeten worden. Door deze open te zetten wordt er in de zomer geventileerd. Door de kleppen dicht te zetten zorgt je voor opwarming in de winter. De kleppen bevinden zich alleen onder en bovenaan de gevelelementen.

Kozijnen

In deze varianten blijven de bestaande kozijnen zitten. In alle andere varianten is er uitgegaan van nieuwe kozijnen. De reden hiervan is, dat op dit moment vochtproblemen zijn rondom de kozijnen. Door een nieuw kozijn met nieuwe (stelkozijn) aansluitingen toe te passen kan het vochtprobleem worden opgelost. Aangezien bij deze varianten het gebouw wordt ingepakt is het niet nodig om nieuwe kozijnen toe te passen. Verdere uitleg volgt in hoofdstuk 8 Kozijnen.

Trias Energetica

De klimaatgevel die wordt toegepast valt onder energiebesparing (zie paragraaf 5.2). De klimaatgevel functioneert als een extra isolatielaag. De lucht tussen de vliesgevel en de bestaande gevel wordt opgewarmd door de zon die op de vliesgevel schijnt. Daarnaast draagt de gevel bij aan natuurlijke ventilatie. Er is wel een mechanische toe- en afvoer nodig, maar dit kan gereguleerd worden met de natuurlijke ventilatie. Dit betekent dat de mechanische ventilatie niet de gehele tijd in werking hoeft te zijn, ofwel, er wordt energie bespaard. Het ventilatieverloop in verschillende jaargetijden is weergegeven in bijlage A10.

Toepasbaarheid

Doordat de klimaatgevel voor de bestaande gevel wordt geplaatst zijn er weinig sloopwerkzaamheden. Bij deze gevelvariant worden er grote constructieve aanpassingen gedaan. De

bevestiging aan het dak zorgt ervoor dat er veel werkzaamheden bij komen kijken. Daarnaast moet de bevestiging aan de gevel uiterst nauwkeurig gebeuren, anders ontstaan er koudebruggen.

Kosten

De kosten die komen kijken bij de klimaatgevel zijn hoog. Er worden grote constructies aan de gevel bevestigd waardoor er hoge staalkosten zijn. Daarnaast is een vliesgevel systeem ook een van de duurder gevel systemen. Naast de materiaalkosten zal de bouw van de klimaatgevel ook veel tijd in beslag nemen. De kosten zijn weergegeven in hoofdstuk 12.

Energiebesparing

De energiebesparing die dit oplevert is heeft voornamelijk met de isolatielaag te maken. De luchtlaag zorgt voor een groot isolerend vermogen en is dan ook direct de grootste energiebesparing. Daarnaast zal ook het energieverbruik door het ventilatie systeem omlaag gaan.

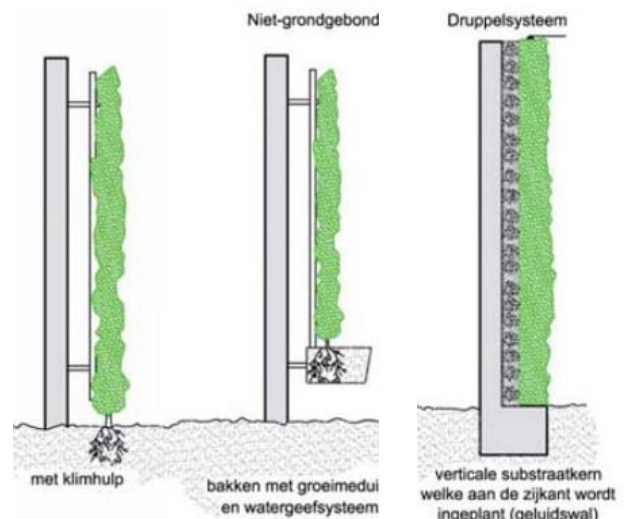
Patiënt beleving

Voor de patiënt heeft deze gevel qua uitzicht geen verbeterpunten. Het zicht kan zelfs minder worden door de klimaatgevel die voor de gevel wordt geplaatst. De klimaatgevel zal wel zorgen voor een beter binnenklimaat wat voor de patiënt beleving een groot pluspunt is.

6.2.3 Klimaatgevel voor bestaande gevel met groenbedekking, variant 2

Opbouw

De opbouw van deze gevel is redelijk gelijk aan de voorgaande gevel, er is alleen één verschil; in de luchtlaag tussen het bestaande en de vliesgevel is een groengevel aangebracht. Dit betekent dus ook dat bij deze variant de gevel nog 20 cm meer naar buiten komt te liggen. De groengevel die wordt toegepast, bestaat uit bakken die onder aan de gevel worden geplaatst. Hierboven wordt een raster aangelegd van metalen draden. Deze draden zijn bevestigd met pinnen in het baksteen. In de bakken die onderaan de gevel zijn geplaatst worden klimplanten geplant. Het is dus een combinatie van Figuur 7. Om een goed dichtbegroeide gevel te krijgen moeten er minstens drie klimplanten per strekkende meter worden geplaatst. Daarnaast moet er rekening worden gehouden met de tijd die het kost om de gehele gevel dicht te laten groeien. Hier zal ongeveer 20 jaar overheen gaan. In bijlage T is de groengevel in detail 7 t/m 10 weergegeven.



Figuur 7 klimplanten gevel

Figuur 8 druppelsysteem

Naast het bovenstaande groensysteem zijn er nog meer soorten groensystemen. Een ander systeem wat wordt toegepast is het druppel systeem. Zie Figuur 8. Hierbij worden bakken met groen aan de gevel bevestigd en komen er kleine leidingen langs de bakken te liggen die bijvoorbeeld het afvoerwater gebruiken om de planten te voorzien van water. Een groot voordeel van dit systeem is, is dat de gevel direct geheel groen is, maar de reden dat er voor het eerste systeem is gekozen, is omdat het druppel systeem te grote kosten met zich mee brengt en het dus niet meer rendabel is. In bijlage A11 is het systeem toegelicht met afbeeldingen.

Trias Energetica

Bij deze klimaatgevel geldt hetzelfde als bij de vorige, de energiebesparing die deze oplevert is de extra luchtlag die isolerend werkt. Dit geldt ook voor de natuurlijke ventilatie. In bijlage A12 is weergegeven hoe het ventilatiesysteem werkt met de groengevel. Door de lucht langs het groen te laten lopen zal de lucht worden bevochtigd en verschoond.

Toepasbaarheid

Ook hiervoor geldt in grote mate hetzelfde als bij de vorige variant. De toepasbaarheid is wel complexer bij deze variant door de toepassing van de groengevel. In principe is het aanbrengen van de groengevel constructie weinig werk, maar het is zeer belangrijk dat de gevel goed wordt onderhouden. Als er niet genoeg onderhoud wordt gepleegd zal er een nog langere tijd overheen gaan voordat de gehele gevel is bedekt, of in het meest negatieve scenario gaan de klimplanten dood.

Kosten

De kosten bij deze variant liggen nog hoger dan bij de voorgaande variant. De kosten lopen vooral hoog op vanwege het vele onderhoud dat gepleegd moet worden. Daarentegen is het aanbrengen van een groengevel niet erg kostenverhogend.

Energiebesparing

Naast de al eerder toegelichte energiebesparing die het oplevert, zijn er nog twee voordelen bij deze variant:

- Het groen zal er voor zorgen dat de geventileerde lucht bevochtigd en gefilterd wordt. Dit zorgt voor een schonere lucht. Dit is een voordeel dat bij de andere varianten niet voorkomt. Het zal geen invloed hebben op de Uniec berekening, maar het heeft wel invloed op het comfort.

Patiënt beleving

Deze variant verschilt niet veel van de vorige variant, alleen zal de patiënt het groen rondom de kozijnen wel positief ervaren. Verder zal de groengevel voor schonere lucht zorgen.

6.3 Tweede huidgevel

6.3.1 Inleiding

Een tweede huidgevel is eigenlijk het omgekeerde van een klimaatgevel. De isolerende schil bevindt zich namelijk aan de binnenzijde. De ruimte tussen de tweede huid en de bestaande gevel is ook bedoeld als isolerende laag. Het grote verschil is dat lucht continu wordt geventileerd door de kieren van de glazen panelen. Er zijn twee verschillende tweedehuid varianten. Bij een variant zijn de glazen panelen verticaal geplaatst, en bij de andere variant zijn de glazen panelen horizontaal geplaatst. De glazen panelen zijn op verschillende manier bevestigd.

Bij de tweede huid gevelsystemen wordt hetzelfde ophang systeem toegepast als bij de klimaatgevel. Ook hierbij is het ophangen van de gevel de beste constructieve oplossing.

6.3.2 Tweede huidgevel verticaal, variant 3

Constructie

De achter constructie van de tweede huidgevel verticaal is vergelijkbaar met de achter constructie van de klimaatgevel. Ook hierbij worden de IPE profielen aan de kopse kanten van de betonbalk bevestigd. Daarnaast worden tussen de IPE profielen twee UNP profielen gelegd. Van boven af lopen staaldraden waar de constructie aan is opgehangen.

De bevestiging van het glas verschilt van de klimaatgevel. Bij de tweede huidgevel zijn de glazen panelen, losse panelen. Ze zijn niet bevestigd in een stijl en regel netwerk van een vliesgevel. De glazen panelen zijn aan de bovenzijde ingeklemd en worden aan de onderzijde door een drukprofiel op zijn plek gehouden. De panelen liggen onder een lichte hoek, waardoor elk paneel een paar centimeter over het paneel eronder valt. Zie bijlage T, detail 11. Dit systeem is ook toegepast bij het hoofdkantoor van de Rabobank in Utrecht. Voor referentie, zie bijlage A13.

Opbouw

De bestaande gevel blijft bestaan maar er komt in tegenstelling tot de klimaatgevel wel een nieuwe isolatielaag voor. Omdat een tweede huid gevel een open gevel is, wordt de bestaande gevel na geïsoleerd. Hierbij is een isolatielaag aangebracht vergelijkbaar met isolatie wat bij een passiefhuis wordt toegepast. Omdat de EPS isolatie over een grote hoogte reikt moeten de isolatie extra vast worden gezet met pluggen. De isolatie loopt van hoekanker tot hoekanker. De hoekankers dienen om de houten latten die zich voor de isolatie bevinden vast te zetten. Rondom de hoekankers is minerale wol isolatie toegepast. Aan de latten die zich tegen de isolatie aan bevinden, worden haken bevestigd. De afwerking bestaat uit blind bevestigde Trespa panelen. Aan de panelen zijn aan de binnenzijde ook haken toegepast. Hierdoor kunnen de panelen blind opgehangen worden. De haken 'klikken' als het ware in elkaar. Ophang systeem Trespa, zie Figuur 9.



Figuur 9 Trespa blind bevestigd

Kozijn

Het oude kozijn wordt verwijderd en het nieuwe kozijn wordt geplaatst ter hoogte van de nieuwe isolatielaag. Het is wel de bedoeling dat de isolatie van het bestaand en de nieuwe isolatie met elkaar in verbinding staan, om zo een gehele isolerende wand te vormen. Zie bijlage T, detail 12 t/m 14.

Trias Energetica

Ook deze variant zorgt voor energiebesparing (zie paragraaf 5.2). De extra isolatie zorgt voor een goed isolerende wand. Daarnaast zorgt de 'luchtlaag' voor een extra thermische laag. Doordat de tweede huidgevel grote kieren heeft wordt de luchtlaag met grote hoeveelheden geventileerd. De gevel zorgt helaas niet voor energie opwekking. Zie bijlage A14.

Toepasbaarheid

Deze variant is eigenlijk beter toepasbaar dan de klimaat gevel varianten. De reden hiervan is dat het gebouw niet hoeft worden 'ingepakt'. Als de tweede huid gevel wordt opgehangen zijn er, buiten de constructieve detaillering, geen ingewikkelde aansluitingen.

Op gebied van slopen is er weinig verschil tussen deze variant en de klimaatgevel variant.

Kosten

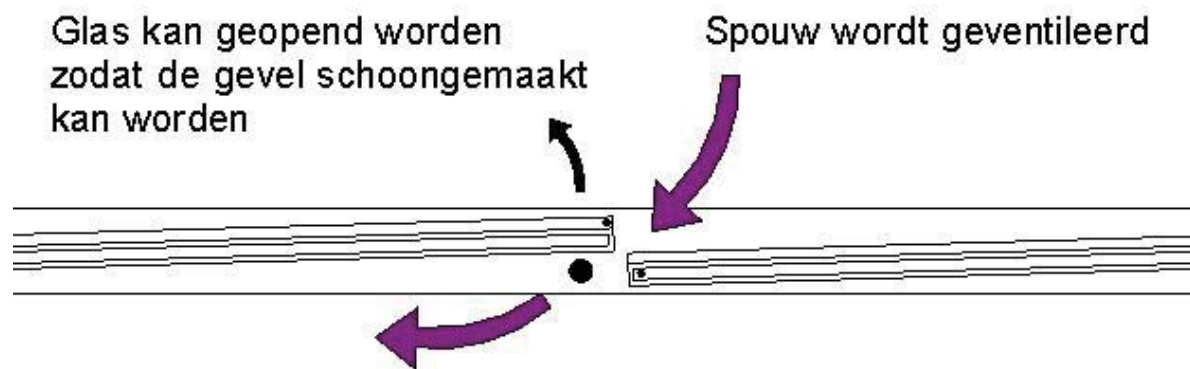
De sloopkosten zijn laag, maar hierbij geldt hetzelfde als bij de klimaatgevel, de kosten van het plaatsen van de tweede huid gevel zijn echter wel hoog. Al zal het minder zijn als bij de klimaatgevel. Er is namelijk minder materiaal nodig. Daarnaast zal de bevestiging simpeler zijn, waardoor er minder manuren nodig zijn, ofwel, minder kosten.

Energiebesparing

Zowel de extra isolatielaag als de luchtlaag zorgen voor een extra thermische schil. Hierdoor zal het warmte en koelverlies weinig zijn.

Patiënt beleving

Ook hierbij geldt weer dat er geen grote veranderingen voor de patiënt beleving zijn. Het uitzicht verandert niet, alleen het binnenklimaat zal beter op de juiste temperatuur blijven.



Figuur 10 bovenaanzicht glas op kokerprofiel

6.3.3 Tweede huidgevel horizontaal, variant 4

Constructie

De constructie van de horizontale tweede huidgevel verschilt wel ten opzichte van de verticale tweede huidgevel en de klimaatgevel. Deze klimaatgevel komt namelijk dicht tegen de bestaande gevel aan te liggen. De achterconstructie bestaat uit twee kokerprofielen welke beide op de stramien zijn bevestigd aan de kopse kant van de balk. Aan het eind van de kokerprofielen zit eenzelfde kokerprofiel aangelast die horizontaal loopt. Op drie punten is het kokerprofiel opgehangen aan staaldraden.

Ter hoogte van elke verdiepingsvloer is er één horizontaal kokerprofiel. Tussen deze kokerprofielen worden glazen platen geplaatst. De platen zitten aan de onderzijde en aan de bovenzijde ingeklemd in een metalen profiel. Dit profiel is weer met pinnen bevestigd in de kokerprofielen. De glazen platen zijn schuin geplaatst zodat er kieren ontstaan tussen de platen. Hier kan lucht doorheen zodat de spouw geventileerd wordt. Zie afbeelding Figuur 10. Aan één zijde kunnen de pinnen van de glasplaten los worden gemaakt, hierdoor kunnen de glazen platen naar buiten open draaien. Zo is het mogelijk om de gehele gevel en tweede huidgevel schoon te maken. Voor een referentie van de toegepaste glazen panelen, zie Beeld en Geluid bijlage A15.

Dit is dus de enige variant waarbij de gevel die voor de bestaande gevel wordt geplaatst geen spouw heeft van 60 cm, maar van 10 cm. Dit is ook de reden dat er een veel rankere achter constructie bij deze variant kan worden toegepast. Voor detaillering, zie bijlage T, detail 15 t/m 18.

Opbouw

De opbouw van de bestaande wand van de tweede huidgevel horizontaal is gelijk aan de opbouw van de wand bij de verticale variant van de tweede huidgevel. Ook hierbij wordt de wand nageïsoleerd en afgewerkt met blind bevestigde panelen.

Trias Energetica

De variant van de tweede huidgevel horizontaal zorgt ook voor energiebesparing. Hierbij geldt weer hetzelfde als bij de verticale variant, het is een goed isolerende wand, zowel door de later aangebrachte isolatie op de bestaande gevel als door de luchtlag.

Toepasbaarheid

Het grote voordeel van deze variant is dat er een stuk minder staal nodig is voor de bouw van de constructie. Daarnaast is de tweede huidgevel niet de isolerende laag, dit zorgt voor 'simpelere' detaillering bij de aansluitingen.

Ook hierbij geldt dat de sloopwerkzaamheden ongeveer even groot zijn als bij de vorige varianten.

Kosten

De kosten voor deze variant zal lager uitvallen dan de voorgaande, dit vanwege de reden dat er minder staal nodig is voor deze variant. De overige kosten zijn vergelijkbaar met de verticale tweede huidgevel.

Energiebesparing

Deze gevel levert dezelfde energiebesparing op als de verticale tweede huidgevel door middel van de thermische schil.

6.4 Passiefhuis, variant 5

De passiefhuis variant is de variant waarbij met zo weinig mogelijk aanpassingen een zo groot mogelijke isolatiewaarde van de gevel wordt geprobeerd te halen.

Constructie

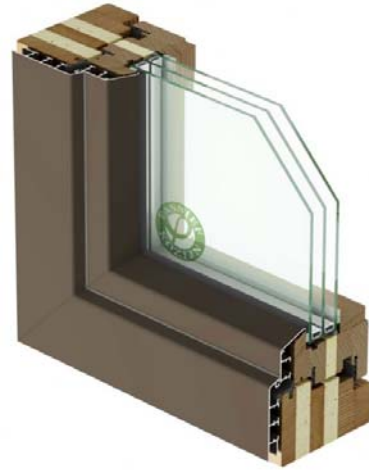
Er hoeft bij deze variant geen extra constructie te worden geplaatst. De gevelaanpassingen vinden plaats op de bestaande gevel.

Opbouw

De opbouw van de gevel bestaat uit de bestaande gevel met daarvoor een extra isolatielaag geplaatst. Deze isolatie is gelijmd en daarnaast met extra pluggen vastgezet. De afwerking van de gevel bestaat uit een sierpleisterlaag. De sierpleisterlaag is opgebouwd uit een wapeningslaag die is aangebracht tegen de isolatie. Hierop komt een voorstrijklaag. Dit zorgt voor een betere hechting van de sierpleisterlaag die er over heen wordt aangebracht. Zie bijlage T, detail 19 t/m 21.

Kozijn

Er wordt een nieuw kozijn geplaatst in de gevel. Dit kozijn is een passief kozijn. Het kozijn bestaat uit hardhout met daartussen geperste isolatie. Hierdoor wordt de isolatiewaarde van het kozijn vele malen verhoogd. Het kozijn is afgewerkt met aluminium. De reden dat hiervoor is gekozen is omdat de rest van het ziekenhuis ook aluminium kozijnen heeft, hierdoor behouden de kozijnen dezelfde uitstraling. In het kozijn is triple glass toegepast. Zie Figuur 11.



Trias Energetica

De passiefhuis variant zorgt voor energiebesparing (zie **Figuur 11 passief kozijn, bron: passiefkozijn.nl** paragraaf 5.2). Door de extra isolatie en goede afwerking van alle naden zullen er in de gevel geen koudebruggen te vinden zijn.

Toepasbaarheid

Deze variant is zeer goed toepasbaar. De enige sloopwerkzaamheden die nodig zijn is voor het verwijderen van het kozijn. Voor de rest hoeft er geen extra constructie aangebracht te worden. Dit maakt deze variant zeer geschikt.

Kosten

De kosten voor deze variant blijven waarschijnlijk het laagst van alle varianten. Eigenlijk om dezelfde redenen als die bij toepasbaarheid zijn beschreven. Daarnaast zal de renovatie weinig tijd kosten in verhouding tot de andere varianten.

Energiebesparing

De gevel zorgt voor een groot isolerend vermogen, hierdoor kan in hoge mate energie worden bespaard bij verwarming en koeling.

6.5 Zonenergie gevel

6.5.1 Inleiding

De gevel zorgt voor een groot isolerend vermogen, hierdoor kan in hoge mate energie worden bespaard bij verwarming en koeling.

Bij deze drie gevelvarianten wordt naast energiebesparing ook naar energieopwekking gekeken door middel van de zon. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden in:

- een variant met zonnecollectoren, die dus warmte opwekken
- twee varianten met zonnecellen, die dus elektriciteit opwekken

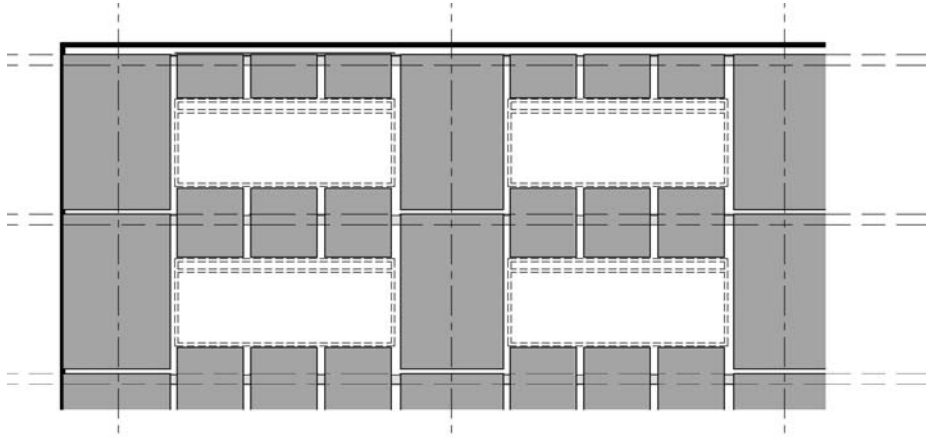
6.5.2 Zonnecollectoren gevel, variant 6

Constructie

Bij de zonnecollectoren gevel wordt de gehele gevel bedekt met zonnecollectoren. Zonnecollectoren zijn vrij zwaar, waardoor ze niet kunnen worden bevestigd aan de gevelsteen. Dit betekent dat de zonnecollectoren moeten worden bevestigd op de constructie. De zonnecollectoren worden aan de betonnen prefab panelen bevestigd. Verder zijn er geen grote constructieve aanpassingen nodig.

Opbouw

Van de gevel wordt zowel de gevelsteen als de isolatie verwijderd. De prefab beton panelen blijven bestaan. Hierop worden ankers bevestigd waarop uiteindelijk de zonnecollectoren bevestigd worden. Er wordt nieuwe isolatie aangebracht. De isolatie is extra dik zodat hetzelfde effect heeft als bij de passiefhuis variant.



Figuur 12 gevelaanzicht zonnecollectoren gevel

Over de isolatielaag wordt een beschermende folie aangebracht in dezelfde kleur als de zonnecollectoren. Vervolgens worden de zonnecollectoren daar weer voor aangebracht. Zie bijlage T, detail 22 t/m 24. Voor gevelaanzicht zie Figuur 12.

Er zijn twee typen zonnecollectoren, vlakke zonnecollectoren en heat pipes. In beide gevallen gaat er een vloeistof door de buizen of plaat. Bij de vlakke zonnecollectoren gaat er een vloeistof door de buizen die zich in de plaat bevinden. Bij heat pipes bestaat de constructie uit buizen met dubbel glas, waartussen zich vacuüm bevindt.

Er zijn verschillende redenen om voor de ene of andere variant te kiezen. De heat pipes werken beter bij temperaturen onder nul dan de vlakke zonnecollectoren. Maar met hogere temperaturen is het rendement van beide typen even groot en in de zomer is het rendement van vlakke plaat zonnecollector hoger.

De opbrengst van vlakke zonnecollectoren is hoger op het moment dat ze op het zuiden zijn gericht. De zon schijnt namelijk op het gehele oppervlak, en bij de heat pipes schijnt het er ook tussendoor. Daarentegen leveren ze erg weinig op wanneer ze in een andere richting zijn geplaatst. Heat pipes leveren wel energie op wanneer ze op het in een andere richting zijn geplaatst. Door de ronde vorm kunnen ze vanuit meer hoeken worden verwarmd.



Figuur 13 vlakke plaat collector, greenchoice.com



Figuur 14 heat pipes, sl-solar.net

Er wordt gekozen voor vlakke zonnecollectoren. Aangezien de temperatuur in Nederland niet vaak onder het vriespunt komt, zijn er maar weinig dagen in het jaar dat de opbrengst minder is. De voornaamste reden om voor de vlakke zonnecollectoren te kiezen is dat ze esthetisch het gevelvlak beter bedekken. Het gebouw komt er meer als één geheel uit te zien met een vlakkere afwerking. De vlakke zonnecollectoren zijn lichter van gewicht dan de heat pipes. De heat pipes zijn bijna anderhalf keer zo zwaar.

Trias Energetica

In tegenstelling tot de voorgaande varianten levert deze variant energie op. Door de extra isolatie en het nieuwe kozijn wat wordt aangebracht zorgt deze variant dus zowel voor energiebesparing (zie paragraaf 5.2) als energieopwekking in de vorm van warmte (zie paragraaf 5.3).

Toepasbaarheid

Het systeem is erg goed toepasbaar, maar voornamelijk op de gevels die op het zuiden zijn gericht en eventueel de gevels op het oosten en westen. Toepassing op noord gerichte gevels is alleen geen optie. Daarnaast is er niet een geheel nieuwe constructie voor nodig. Wel moet er een groot deel van de gevel gesloopt worden wat voor extra werkzaamheden zorgt.

Kosten

De sloopkosten bij deze variant liggen erg hoog in verhouding tot de andere varianten. Er moet secuur gewerkt worden tijdens het slopen. De achter constructie mag niet beschadigd worden. Er hoeft echter geen extra staalconstructie toegepast te worden. Wel zal de aanschaf van de zonnecollectoren kosten met zich meebrengen. Daarnaast worden er subsidies gegeven op zonnecollectoren.

Hoe meer personen er gebruik maken van één zonneboiler met daaraan zonnecollectoren gekoppeld, hoe goedkoper het is. De terugverdientijd zal ongeveer 4 jaar zijn in het geval van het Rijnstate ziekenhuis.

Energiebesparing

De nieuwe isolatie zorgt voor een betere thermische schil. Daarnaast zorgen de zonnecollectoren voor veel warmteopwekking. Deze variant zorgt op gebied van warmte voor grote energiebesparingen, wat deze variant erg aantrekkelijk maakt.

6.5.3 Gevel met zonnecellen onder een hoek geplaatst, variant 7

Constructie

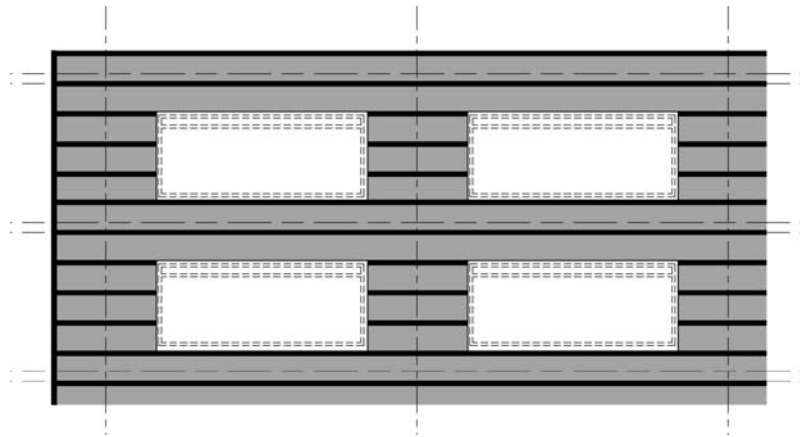
Bij deze variant ondervindt de bestaande gevel geen veranderingen. Doordat zonnepanelen van zichzelf licht van gewicht zijn, is het mogelijk om ze te bevestigen aan de bakstenen gevel. De panelen worden onder een hoek geplaatst waardoor er dus een driehoek constructie tussen de zonnepanelen en het baksteen moet worden geplaatst. Dit zal bestaan uit een metalen ranke achter constructie. Zie bijlage T, detail 25 t/m 27.

Opbouw

Zoals bij constructie al is toegelicht veranderd de bestaande gevel niet. Wel wordt er zoals bij alle varianten een nieuw kozijn met stelkozijn toegepast. De zonnepanelen constructie wordt aan de bakstenen gevel bevestigd. Op de ene schuine zijde worden de zonnepanelen toegepast, en op de andere zijde komen witte (of andere licht gekleurde) reflecterende panelen. Zie bijlage A16. Door deze platen toe te passen leveren de zonnepanelen driekwart van het jaar bijna twee keer zoveel op.

Daarnaast zijn de zonnepanelen niet vanaf de straat zichtbaar, wat esthetisch gezien een pluspunt is. Voor referentie van dit systeem, genaamd zigzag solar, zie bijlage A17.

Er wordt voor een standaard type zonnecellen gekozen van een klein formaat. De panelen hebben ongeveer een gewicht van 10 kg per m². Hierdoor kunnen ze aan het baksteen bevestigd worden. Het gevelaanzicht krijgt een uiterlijk zoals in Figuur 15.



Figuur 15 gevelaanzicht zonnecellen

Trias Energetica

Dit type gevel zorgt alleen voor energieopwekking (zie paragraaf 5.3). Voor duurzame energieopwekking zijn in verhouding minder systeem mogelijkheden dan voor warmte opwekking. Dat betekent dat er naast dit systeem ook nog eventueel een warmte opweksysteem kan toegepast worden bij bijvoorbeeld de installaties.

Toepasbaarheid

Het systeem is erg goed toepasbaar. Weinig aanpassing aan de bestaande gevel, dus een snelle montage. Dit zal een groot voordeel zijn voor het ziekenhuis. Zo hoeven de patiënten maar voor een korte tijd te verhuizen.

Kosten

De kosten zijn vrij laag aangezien er amper sloopkosten zijn. Op de aanschaf van zonnepanelen is subsidie te verkrijgen. De terugverdientijd van zonnepanelen zal ongeveer tussen de 7 en 10 jaar liggen.

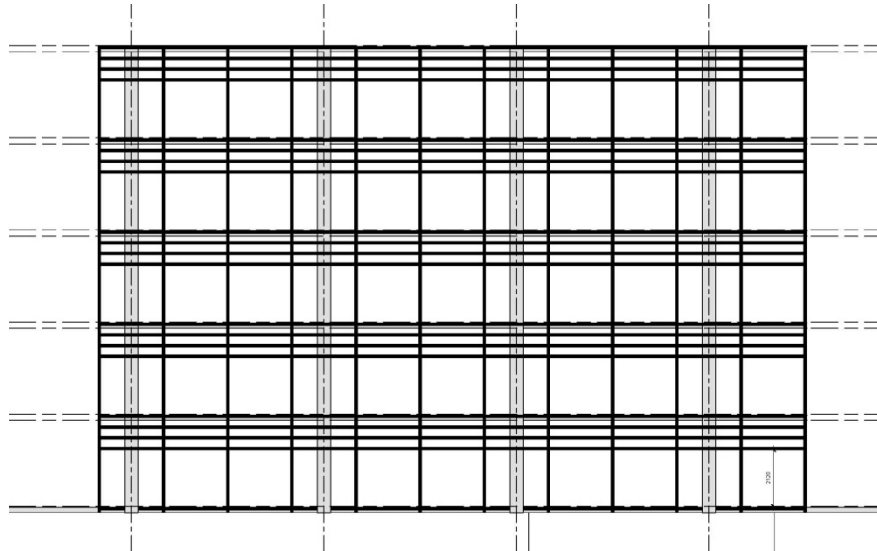
Energiebesparing

Deze variant zorgt voor veel energieopwekking op gebied van elektriciteit. Helaas zorgt deze wandopbouw niet voor extra energiebesparing in de vorm van isolatie.

6.5.4 Zonnecellen vliesgevel, variant 8

Constructie

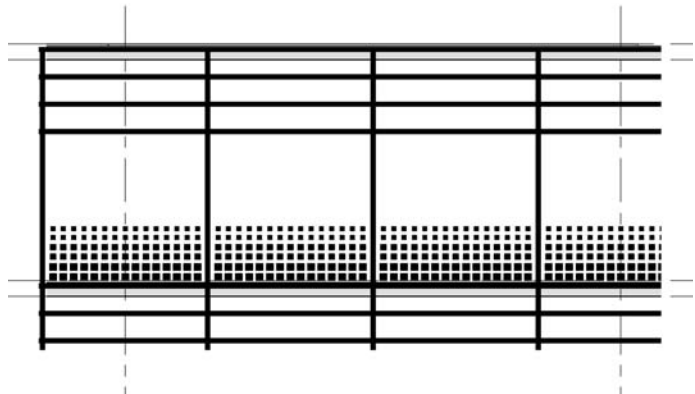
Dit is de enige variant waarbij de gehele gevel wordt verwijderd van de verpleegafdeling en alleen het casco blijft staan. Rondom het casco wordt een nieuwe vliesgevel wordt toegepast. Hierbij wordt een ander stijl en regelwerk toegepast als bij de klimaatgevel en tweede huidgevel. Zie Figuur 16.



Figuur 16 gevelaanzicht zonnecellen vliesgevel

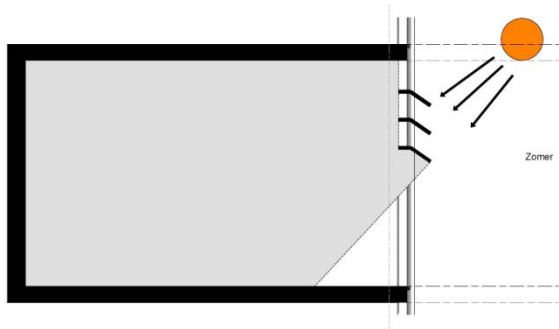
Opbouw

Aan de vliesgevel zitten per verdieping drie lamellen bevestigd. Deze lamellen bevinden vlak onder elke verdiepingvloer. Op deze lamellen zijn zonnecellen geplaatst. De lamellen zijn verstelbaar zodat de patiënten zelf kan bepalen hoeveel daglicht er binnen komt in de kamer. Als de zon naar binnen schijnt zullen de lamellen naar beneden staan en dan juist opbrengst hebben. Zie Figuur 18 en Figuur 19.

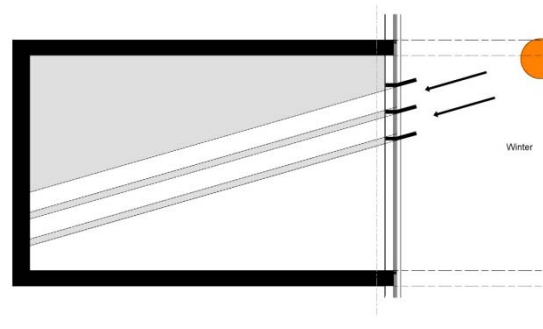


Figuur 17 toepassing PV panelen in vliesgevel

Aan de onderzijde van elke verdiepingvloer zijn er in de vliesgevel ook zonnecellen toegepast. Deze vierkante PV panelen laten deels daglicht door, maar zorgen er ook voor dat de patiënt iets meer privacy beleeft. Zie Figuur 17. Voor details, zie bijlage T, detail 28 t/m 31.



Figuur 19 lamellen zomersituatie



Figuur 18 lamellen wintersituatie

Trias Energetica

Bij deze variant wordt er alleen energie opgewekt (zie paragraaf 5.3). Een vliesgevel heeft niet een goede isolerende waarde. Wel zorgt de grote hoeveelheid zontoetreding voor extra verwarming van de kamers in de winter. In de zomer houden de lamellen de warmte tegen.

Toepasbaarheid

Voor de patiënt beleving is deze gevel een van de beste opties. Maar er komen veel sloopkosten bij aangezien de gehele gevel verwijderd moet worden. Het voordeel is dat er niet erg secuur gewerkt hoeft te worden en de vliesgevel direct op de constructie aangesloten kan worden.

Kosten

Het zal een van de duurdere varianten zijn. De sloopwerkzaamheden brengen grote kosten met zich mee. Maar ook de vliesgevel en de PV panelen zijn kostbaar.

Energiebesparing

Er zal energie worden opgewekt in dit systeem. Dat is de grootste energie besparing. Er zal ook in verhouding tot de andere varianten meer warmteverlies zijn. Uiteindelijk heeft een vliesgevel met grote glazen oppervlakken toch meer warmteverlies dan een goed geïsoleerde gevel.

Patiënt beleving

Voor de patiënt beleving is dit de beste variant. Er wordt goed rekening gehouden met het daglicht en hoe de patiënt de lamellen zelf kan aansturen.

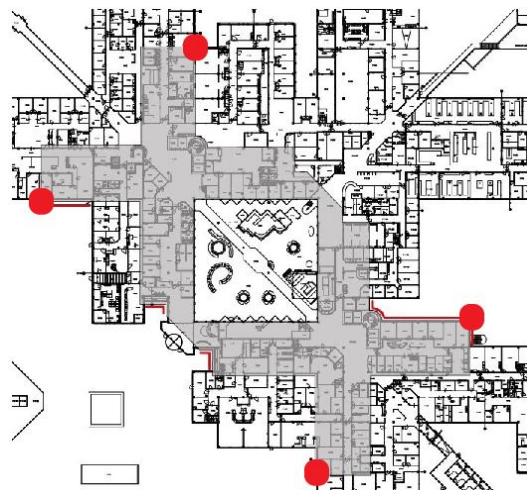
6.6 Windenergie gevel

Bij de vorige varianten werd er gekeken naar de toepassing van een geheel nieuwe gevel. Bij een windenergie gevel worden er windmolens aan een gevel toegevoegd. Er zijn op dit moment twee verschillende opties om windenergie in een gevel mee op te wekken. Hiervan is er één nog in ontwikkeling.

Het is mogelijk om windmolens tot een hoogte van wel 20 meter toe te passen op hoeken van gevels of op het dak bij grote utiliteit gebouwen. Voor referentie zie bijlage A18.

Deze windmolens zien er uit als grote schroeven die aan de gevel zijn bevestigd. Door de wind die langs de gevel waait wordt de windmolen aangedreven. De gevel moet hierop dus wel zijn aangepast. Dit systeem zou kunnen worden toegepast bij de klimaatgevels. Doordat de gevel hier naar buiten ligt is het mogelijk om de wind langs de windmolen te laten lopen.

Er zijn bij het Rijnstate ziekenhuis vier hoeken waarbij de windmolen kan worden toegepast. Bij deze vier hoeken loopt de gevel namelijk op een lijn door vanaf het maaiveld tot het dak van de zevende verdieping. Omdat de bestaande constructie niet sterk genoeg is om de krachten van de windmolen op te vangen moet de windmolen wel gefundeerd op het maaiveld staan. In Figuur 20 is aangegeven op welke plekken dit dan zal zijn.



Figuur 20 locatie windmolens

Dit systeem is op dit moment in meerdere gebouwen toegepast. Maar het rendement is erg afhankelijk van het toe te passen type en locatie.

Naast het systeem met windmolens is een Zweeds architectenbureau die een gebouw hebben ontworpen waarbij aan het gebouw bevestigde elektrische haren energie opwekken wanneer de wind door de haren heen waait. Het is niet toepasbaar op het Rijnstate ziekenhuis, maar is toegelicht als andere kijk op energie opwekking. Voor referentie, zie bijlage A19.

6.7 Deelconclusie

De varianten zijn in de bovenstaande hoofdstukken toegelicht met de voor- en nadelen. Daarbij geven de details een beeld van de constructie en opbouw van de variant. Per onderdeel zijn bevindingen omschreven onder de kopjes trias energetica, toepasbaarheid, kosten, energiebesparing en patiëntbeleving. Hierbij is er een inschatting van alle onderdelen gemaakt of het positieve of negatieve invloed heeft. Uit de berekeningen zal pas blijken of dit daadwerkelijk ook zo is.

In de volgende hoofdstukken, 7 t/m 9, wordt een omschrijving gegeven van het interieur, de kozijnen en de toegepaste installaties. Op basis van deze hoofdstukken en het hoofdstuk gevelvarianten wordt een EPC berekening, materialen berekening en kostenraming gemaakt.

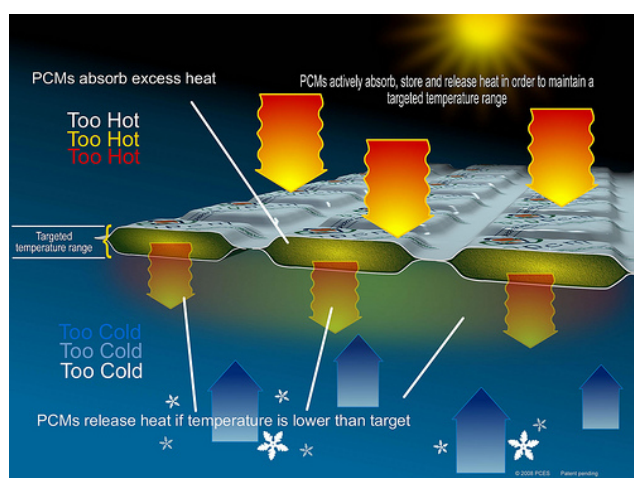
7 Interieur

Kijkend naar de Trias Energetica kan vastgesteld worden dat met verschillende geveltoepassingen zowel energie bespaard kan worden als dat er energie kan worden opgewekt. Bij het onderdeel installaties (zie hoofdstuk 9) zijn zelfs op alle punten; energiebesparing, energieopwekking en het nuttig gebruik van fossiele brandstoffen, verbeterpunten te zien.

Naast de gevels en de installaties kan ook het interieur aangepast worden. Dit zal voornamelijk onder het punt energiebesparing van de Trias Energetica vallen. Energiebesparing in het gebouw kan plaatsvinden doordat de gebruikers de energie nuttig gebruiken. Dit betekent; altijd alle verlichting uitschakelen, geen apparatuur op stand-by laten staan, etc. Deze manier van energiebesparing kan vanuit dit onderzoek niet beïnvloed worden, dit ligt geheel bij de gebruiker. Wel zijn eventuele andere interieur aanpassingen mogelijk die ook energie besparen, zoals binnenwanden en plafonds.

7.1 Binnenwanden

Binnenwanden bestaan vaak uit kalkzandsteen gemetselde wanden of in dit geval een isolatielaag afgewerkt met gipspanelen. De isolatie dient voornamelijk als geluidsisolatie. Er zijn op dit moment nieuwe systemen ontworpen waarbij de binnenwanden helpen om de kamer temperatuur op één niveau te houden. Hierbij kan energie worden bespaard in de stookkosten en zal het patiënten comfort verhoogd worden. Het systeem heet PCM, Phase Change Material, waarbij gebruik wordt gemaakt van de warmte- opslagcapaciteit van het materiaal. Een speciaal soort zout wordt hierbij toegepast, waarbij het smeltpunt op 23 graden ligt, ofwel kamertemperatuur. Op het moment dat het vloerbaar wordt trekt het zout warmte uit zijn omgeving. Hierdoor zal de kamertemperatuur naar beneden gaan. Wanneer de kamertemperatuur onder de 23 graden komt te liggen zal het zout, en dus de wanden waarin het zout is aangebracht warmte afgeven. Zo wordt de kamer op temperatuur gehouden. De warmteoverdracht is 2,5 keer zo hoog als beton. Hierdoor kan in een vrij dunne laag, bijvoorbeeld een binnenwand, toch voor een comfortabel binnenklimaat zorgen. In totaal kunnen deze wanden wel 20 tot 30% besparen op het huidige energieverbruik van verwarming en koeling. Het rendement kan zelfs verhoogd worden naar 45% door de wanden aan te sluiten op het ventilatiesysteem. Dit zorgt wel voor een complexe toepassing van het ventilatie systeem. Zie Figuur 22 en Figuur 21.



Figuur 22 werking PCM, bron: phasechange.com



Figuur 21, uitleg PCM van leverancier, bron: micronal PCM

7.2 Plafonds

Op dit moment is er een systeemplafond toegepast in de bedkamers. het gehele plafond kan vervangen worden, maar een betere keuze is om alleen de panelen van het systeemplafond te vervangen. Het PCM systeem wat in wanden wordt toegepast kan ook worden toegepast in het plafond. Door de plafondafwerking van een weerkaatsend en licht (wit) materiaal te maken is het mogelijk om ook energie te besparen op gebied van verlichting. Dit wordt verder toegelicht bij het hoofdstuk kozijnen.

7.3 Medische en comfort behoevende hulpmiddelen voor patiënten

In een bedkamer bevinden zich verschillende hulpmiddelen voor patiënten. De faciliteiten die altijd per bed aanwezig zijn, zijn een TV, stopcontacten, maar ook een zuurstof behoevende apparatuur en andere hulpbehoevende apparaten.

Het is lastig om deze apparatuur mee te nemen in het onderzoek. Er is weinig bekend over het energieverbruik van de installatie en daarnaast heeft elke patiënt ook weer eigen apparatuur, wat is aangepast op het ziektebeeld van de patiënt. Op dit moment is het ziekenhuis wel onderzoek aan het doen naar het elektrisch energie verbruik per bedkamer. Dit gebeurt door middel van plugs. Deze worden in de stopcontacten geplaatst, en zo kan het energieverbruik gemeten worden.

Omdat het lastig is te zeggen welke aanpassingen er gedaan kunnen worden op de ziekenhuis apparatuur, wordt dit niet meegenomen in het onderzoek.

8 Kozijnen

8.1 Bestaand kozijn

Het bestaande kozijn bestaat uit een aluminium kozijn met een raamoppervlak van ongeveer 7 m². In het onderdetail van de bestaande situatie is zichtbaar hoe het kozijn direct is aangesloten tegen de onderdorpel. De onderdorpel bestaat uit natuursteen. Hieruit kan je leiden dat het kozijn verkeerd is geplaatst en er een koudebrug ontstaat. Zie bijlage T, detail 1.

Het Rijnstate ziekenhuis heeft aangegeven dat er lekkage optreedt bij de kozijnen. Het kan betekenen dat door de koudebrug in de onderdorpel er condens optreedt aan de binnenzijde van het kozijn, ter hoogte van de onderdorpel. Het kozijn zelf hoeft dus niet vervangen te worden, maar er moet wel een nieuw stelkozijn en onderdorpel geplaatst worden.

Het bovendetail is op een andere manier uitgevoerd. Het is erg lastig om te achterhalen hoe de kozijn aansluiting is toegepast. Het kozijn is gekoppeld aan het betonnen binnenblad. Waar vervolgens een latei is voorgeplaatst. Ook dit is zeer onwaarschijnlijk. Daarom is er de aanname gedaan volgens bijlage T, detail 1. Bij het plaatsen van een nieuw kozijn zal het betekenen dat aan de onderzijde één rij bakstenen verwijderd moet worden om het stelkozijn te plaatsen.

Op dit moment is de hoogte van de vensterbank 775 mm. Het glas begint op een hoogte van 818 mm. Dit betekent dat het raam verplicht volgens het Bouwbesluit 2012 moet worden voorzien van veiligheidsglas. In het bouwbesluit staat aangegeven dat een verdiepingvloer die zich 13 meter boven maaiveld bevindt een raam ter hoogte van minimaal 1,2 meter moet hebben. Zoniet, dan moet er veiligheidsglas toegepast worden. Voor de bestaande situatie geldt onder de 850 mm. Maar ook dit is niet het geval, dus er moet met zekerheid veiligheidsglas worden toegepast, wat betekent dat er eventueel ook een iets groter kozijn kan worden toegepast.

8.2 Nieuw kozijn

Om een hogere EPC te behalen zijn er verschillende aanpassingsmogelijkheden voor het kozijn. Zo kan er in het kozijn drievoudig glas toegepast worden. Dit zorgt voor een betere warmte isolatie. Het is daarbij wel belangrijk dat het kozijn en het stelkozijn thermisch zijn onderbroken. Anders ontstaan er alsnog koudebruggen. Tegenwoordig zijn eigenlijk alle kozijnen thermisch onderbroken. Een kunststof kozijn is nog net een betere isolator. Maar tegenwoordig hebben zowel houten als aluminium kozijnen ook een hoge isolerende waarde. Het stelkozijn bestaat meestal uit een houten stelblok. Ook het stelblok kan thermisch worden onderbroken door een samengeperste isolerende laag, zoals in gevelvariant 5. Vervolgens is de detaillering alleen nog van belang. De isolerende lagen moeten goed op elkaar aansluiten.

Het verschilt per gevelvariant wat voor een kozijn er wordt gekozen;

Klimaatgevels; in principe hoeft bij deze variant het kozijn niet vervangen te worden. Er wordt namelijk een nieuwe isolerende laag voor geplaatst wat betekent dat het raamkozijn niet meer hoeft te dienen als isolatielaag. Eventueel kan er gekozen worden om toch het stelkozijn te vervangen om verdere vochtproblemen tegen te gaan.

2e huidgevels; bij de tweede huidgevels moeten de kozijnen wel vervangen worden. Ondanks dat er een extra gevel voor komt te staan, is deze gevel niet de isolerende laag en kan de kou en het vocht gewoon naar binnen. Bij deze varianten moet gekozen worden voor andere kozijnen en stelkozijnen.

Overige opties: bij de overige opties geldt hetzelfde verhaal eigenlijk als bij de tweede huid. Ook hierbij kan de kou en het vocht bij het kozijn komen.

Vliesgevel; bij deze variant is het kozijn niet aan de orde.

9 Installaties

Naast de verschillende gevelvarianten wordt er ook gekeken naar de installaties. Door middel van nieuwe of aanvullende installaties toe te passen kan er ook een grote hoeveelheid energie bespaard worden. De gekozen installaties zijn in sommige gevallen door middel van een systeem aan elkaar gekoppeld. Daarnaast zijn er ook enkele systemen besproken die mogelijk zouden zijn om toe te passen, maar waar niet voor is gekozen.

Als voorbeeld is één bedkamer genomen met daarbij een toilet en badruimte. Deze ruimtes hebben voorzieningen nodig voor verwarming, warmtetapwater, watervoorziening, ventilatie, koeling en elektra.

Op dit moment is er al mechanische ventilatie aanwezig en bevinden zich onder de ramen radiatoren.

In de badkamer/toilet zijn er één douche, één toilet en twee wasbakken aanwezig. Alle elektra die in de kamer aanwezig is, en niet bedoeld is als apparatuur voor de gezondheid van de patiënt, wordt handgestuurd.

9.1 Werkwijze

Per installatie onderdeel, (verwarming, koeling etc.) wordt er gekeken wat er op dit moment aanwezig is en of er eventuele aanpassingen gedaan kunnen worden, of dat er nieuwe installaties kunnen worden toegepast. Per onderdeel zal er een conclusie getrokken worden of er een nieuwe installatie wordt toegepast. Als dit het geval is wordt ook toegelicht welke installatie type dit zal zijn. Als eindconclusie wordt een overzicht gegeven hoe alle installaties aan elkaar gekoppeld zijn. Zie bijlage A20.

9.2 Verwarming

9.2.1 Bio-WKK

Het verwarmingssysteem bestaat op dit moment uit drie installaties, waarbij één alleen in behoefte voorziet voor als de andere twee te kort komen. De gasgestookte stoomketel zal het ziekenhuis in energiebehoefte blijven voorzien. Maar de warmtekrachtkoppeling (WKK) kan vervangen worden door een bio-WKK. Door middel van een bio-WKK toe te passen kan er een grote hoeveelheid energie bespaard worden doordat je een duurzame brandstof gebruikt.



Figuur 23 bio-wkk, bron: groengas.nl

Het ziekenhuis heeft een oppervlakte van 72.000 m² met daarin 850 bedden. Alle mensen die in deze bedden liggen maken dus ook gebruik van de douche en het toilet. Op dit moment wordt het water afgevoerd naar een waterzuivering bedrijf. Het is ook mogelijk dat het water naar een hydrofytenfilter wordt gebracht. Voordat dit proces plaats vindt gaat het water eerst door een septic

tank en vetafscheider. Daarnaast zal het water een extra keer moeten worden gezuiverd, omdat het water stoffen zal bevatten welke uit medicijnen komen.

Normaal zijn de stoffen die in de septic tank en vetafscheider zitten afvalstoffen. Maar zowel vet als uitwerpselen zijn goede bio-brandstoffen. Door deze stoffen om te vormen naar een goed bruikbaar verbrandingsmiddel kan de bio-WKK werken op de vetten en uitwerpselen die in het ziekenhuis zelf geproduceerd worden. Hiermee zal je een hoge hoeveelheid energie besparen. Helaas is dit niet weer te geven in de huidige EPC berekeningen.

In paragraaf 9.7 Watervoorzieningen wordt een uitgebreidere uitleg gegeven over de hydrofytenfilter.

9.3 Warmtetapwater

Het warmtetapwater wordt op dit moment verwarmd door middel van een platenwisselaar die aan de CV is gekoppeld. Hierbij is een platenwisselaar een warmtewisselaar die energie, ofwel warmte, overbrengt van het ene systeem naar het andere systeem, zonder dat het water met elkaar in contact komt.

Zonnecollectoren met zonneboiler

Dit systeem kan (deels) worden vervangen door een zonneboiler met zonnecollectoren. Wel is het zo dat op dit moment het stoom uit de stoomketels wordt omgezet in CV water, dus door het vervangen van de platenwisselaar zorg je nog niet direct voor energie besparing. Wel kan er gekeken worden of er zoveel energie bespaart kan worden dat er één stoomketel minder gebruikt hoeft te worden. In dat geval bespaar je veel energie kosten.

Op dit moment bevindt zich op het dak al 1056 m² aan PV panelen. Ondanks dat, is nog niet het gehele dak bedekt met PV panelen. De torens, waar de minste schaduw is zijn voor 80% bedekt met PV panelen. Op het overige gedeelte van het dak is het mogelijk om zonnecollectoren toe te passen. Er is één variant waarbij zonnecollectoren worden toegepast in de gevel. Bij deze variant zal er een grote hoeveelheid warmte kunnen worden opgewekt.

Bij de overige varianten kunnen de zonnecollectoren dus worden toegepast op het dak, die zijn gekoppeld aan een zonneboiler. Het nadeel van de zonnecollectoren is dat ze alleen warmte produceren als de zon ook echt daadwerkelijk schijnt. Dit zal vaker in de zomer zijn dan in de winter. Warmtetapwater is ook nodig in de zomer, dus het systeem is daar erg geschikt voor. Het systeem is minder geschikt voor ruimteverwarming. Door aan de zonneboiler een CV installatie, ofwel de platenwisselaar, te koppelen, kan op het moment dat de zonnecollectoren niet genoeg warmte leveren het water verder worden verwarmd door de CV installatie. Voor het voorzien van één huishouden met vier personen is er 3 m² zonnecollector nodig, met een boiler vanaf 100 liter. Dit is voor een heel huishouden, dus voor een bedkamer zal het net wat lager liggen, maar het verbruik van bijv. douchewater zal niet verschillen.

Als je er van uitgaat dat er 2 m² zonnecollector nodig is om één bedkamer te verwarmen, ofwel 2 m² / 4 (bedden) = 0,5 m² per persoon, en er zijn 850 bedden aanwezig in het ziekenhuis, dat je dus 0,5 x 850 = 425 m² aan zonnecollectoren nodig hebt. Dit zal niet haalbaar zijn op het dak, dus er moet altijd bij verwarmd worden door middel van een CV-ketel.

Toegepaste zonnecollector systeem: Douche WTW

Er is nog vrij simpele installatie om water duurzaam te verwarmen en dat is met een douche WTW. Bij dit systeem gaat het aangevoerde (schone) water langs het afgevoerde warme douche water. Zie Figuur 24. Hierdoor wordt het aangevoerde water al deels voorverwarmd voordat het richting de CV ketel gaat. Omdat in het ziekenhuis veel gebruik wordt gemaakt van de douche, zal dit systeem, wat relatief goedkoop is, goed kunnen worden toegepast en kan er een grote hoeveelheid warmte uit gehaald kunnen worden.



Figuur 24 werking douche WTW, bron: douchewtw-nu.nl

9.4 Ventilatie

Het ventilatiesysteem wat op dit moment is toegepast bestaat uit meerdere luchtbehandelingkasten. Hierbij heeft een luchtbehandelingkast meerder afdelingen en verdiepingen. Voor bepaalde functies, zoals CSA, O.K., apotheek en keuken zijn aparte LBK's aanwezig.

Bij de gevelvarianten van de klimaatgevel en 2e huidgevel is schematisch weergegeven hoe de ventilatie systemen werken. Bij de andere systemen vindt er in principe een ventilatie systeem plaats van zowel mechanische toevoer als mechanische afvoer.

Op dit moment is het een algemeen gestuurd systeem, waardoor de het vaak voorkomt dat de temperaturen en de hoeveelheid aangevoerde lucht niet kloppen voor een bedkamer. De kamers liggen niet altijd vol, wat betekent dat er soms misschien maar één persoon aanwezig is, en soms wel vijf of zes (inc. verpleegster/familie).

Door een kamer gestuurd systeem toe te passen kan het patiënten comfort omhoog gaan. Dit zal betekenen dat bij elke kamer een sturingsysteem aanwezig moet zijn waar op ingesteld kan worden hoeveel patiënten er in de kamer aanwezig zijn. Hoe meer patiënten, hoe meer er wordt geventileerd. Dit kan de verpleegster instellen per bedkamer.

In elke bedkamer bevindt zich ook een raamkozijn met daarin twee te openen ramen. Door het ventilatie systeem aan deze ramen te koppelen, kan de toevoer van mechanische ventilatie stil worden gelegd, en wordt er alleen nog maar mechanisch afgezogen, op het moment dat een raam geopend wordt. Hierdoor kan je op bepaalde momenten in het jaar (dit zal voornamelijk lente zijn) energie worden bespaard. In de lente hebben de buitentemperaturen het vaakst een comforttemperatuur die ook graag binnen als comfort temperatuur wordt gezien. In deze tijd hoeft er dan dus alleen mechanische afvoer te zijn.

9.5 Koeling

In het Rijnstate ziekenhuis zijn twee schroefkoelmachines aanwezig en één absorptiekoelinstallatie.

Een absorptiekoeling heeft al een energiezuinige functie. Bij deze installatie wordt namelijk de restwarmte van de WKK voor koeling gebruikt.

Er zijn nog weinig energiezuinige koelinstallaties op de markt. Een mogelijkheid zou het toepassen van een WKO (warmte- koude opslag) zijn. Door het opslaan van warm of koud water in de grond kan je in verschillende jaargetijden warmte of koeling leveren. Een WKO kan alleen toegepast worden in

zandgronden. Arnhem ligt precies op de rand van zand en kleigrond. Wel is het ziekenhuis op een zandgrond gebouwd, dus het is mogelijk om een WKO naast het ziekenhuis te plaatsen. Er is gekozen om dit systeem niet toe te passen, met als reden de enorm hoge kosten.

Dit betekent dus dat het bestaande koelsysteem wordt behouden en daar ook na de aanpassingen gebruik van gemaakt zal worden.

9.6 E-installaties

Over de energie opwekking is uitleg gegeven in het hoofdstuk verwarming. Andere grote energie opwekkers zijn de PV-panelen die zich op het dak bevinden, wat is toegelicht bij het hoofdstuk warmtetapwater. De energie die wordt binnengehaald met de PV-panelen is groot, omdat het oppervlakte 1056 m² bedraagt. Omgerekend is dit 0,55 m² per 4-persoons bedkamer. Helaas zal binnenkort deze energiebron wegvallen (door omwonende). Voor de rest is er bekend dat er in de bedkamers TBS (tl) verlichting van Philips wordt toegepast. Het overige energieverbruik gaat voornamelijk uit naar ziekenhuis installaties. Het energieverbruik hiervan is erg moeilijk te bepalen. Daarom wordt op dit onderdeel niet gekeken of er energie bezuinigd kan worden. Het zal dan ook niet uit een bouwkundig oogpunt, maar uit een gespecialiseerd installatie technisch oogpunt bekeken moeten worden.

In de nieuwe situatie zijn er bij twee varianten PV-panelen toegepast in de gevel. Dit betekent dat de hoeveelheid energie die wordt opgewekt een aantal keer zo groot zal zijn dan wat er op dit moment wordt opgewekt. Bij de andere varianten worden er geen PV-panelen toegepast.

De verlichting die nu wordt toegepast kan worden vervangen door LED verlichting. Door de verlichting aan de raamzijde apart gestuurd te maken kan op zonnige dagen de verlichting aan de raamzijde uitgeschakeld worden.

9.7 Watervoorzieningen

Bij het hoofdstuk verwarming is het al deels toegelicht, voor het verschoonen van het water wordt er een hydrofytenfilter toegepast. Hierbij wordt het vervuilde water afgevoerd en eerst driemaal gefilterd. Als eerste worden de stoffen die uit de medicijnen komen uit het water gefilterd, vervolgens zal het water gefilterd worden door middel van een vetafscheider en een septic tank waar de restanten achterblijven. Van hieruit wordt al het water naar een pompput gebracht van waaruit al het water in de hydrofytenfilter wordt gepompt. Het is mogelijk om de hydrofytenfilter op een dak aan te brengen, maar omdat de filter een groot formaat zal krijgen, wordt deze (ook) toegepast naast het gebouw. Hierdoor zal de patiënt beleving, welke een groener uitzicht krijgen, vooruit gaan. In de hydrofytenfilter wordt het water gefilterd. Een hydrofytenfilter is een grote bak waar planten in groeien, deze planten trekken bacteriën aan. De bacteriën zijn dan uiteindelijk degene die het water 'schoonmaken'. Vervolgens wordt het water gecontroleerd in een controlevat of het water daadwerkelijk schoon is. Daarna wordt het opgeslagen in een opslagvat en kan het water voor verschillende doeleinden worden gebruikt. Het water kan weer 'geloosd' worden in oppervlaktewater of hergebruikt worden. In het laatste geval kan het water hergebruikt worden als toiletwater en voor de wasserette. Bij het ziekenhuis is een grote wasserette aanwezig, en daarom zou dit een goede oplossing zijn voor het hergebruiken van water. Dit geldt ook voor het toepassen op de toiletten.

De restanten uit de septic tank en de vetafscheider zijn verbrandingsmiddelen. Deze restanten kunnen naar een co-vergister worden geleid. Wanneer hier nog extra bio-stoffen, zoals mest of veen aan toe wordt gevoegd, kan het vergistingsproces in werking worden gezet. Hierbij komen hoofdzakelijk drie verschillende stoffen vrij: CO₂, CH₄ en N₂O. Met CH₄ kan bijna direct een bio-WKK aangestookt worden, en bij CO₂ en N₂O kunnen met kleine bewerkingen ook deze stoffen als brandmiddel voor de bio-WKK worden gebruikt.

Hierbij kan N₂O ook voor koeling worden ingezet. Door deze stof onder hoge druk te zetten en vervolgens te laten expanderen ontstaat er kou rondom de stof. Dit komt omdat N₂O ontzettend veel warmte uit zijn directe omgeving trekt. Wanneer je hier ventilatielucht langs laat gaan, verkoelt de lucht. Dit is indirect ook wat er in een airco wordt toegepast.

De bio-WKK levert elektriciteit en warmte. De elektriciteit kan direct door het ziekenhuis gebruikt worden. De warmte kan deels worden gebruikt door het ziekenhuis, en wordt deels terug gevoerd naar de co-vergister. De rest warmte van de co-vergister kan ook weer door het ziekenhuis als warmtebron worden gebruikt.

Voor de weergave van alle installaties en hoe deze aan elkaar zijn gekoppeld, zie bijlage A20.

10 EPC Gevelvarianten

10.1 Inleiding

Per gevelvariant wordt er een EPC berekening gemaakt. In het hoofdstuk installaties wordt beschreven dat er wordt gekozen om ook een deel van de installaties aan te passen. Deze installaties worden bij elke gevelvariant toegepast. Bij sommige gevelvarianten zal er alleen een verschil zitten in ventilatie en eventueel zonenergie, maar voor de rest is het de bedoeling dat het installatiesysteem bij elke gevelvariant hetzelfde is. Om eerst te zien wat het verschil maakt wanneer je andere installaties toepast, wordt er een EPC berekening gemaakt waarbij de bestaande gevel blijft en alleen de installatie systemen worden aangepast. (Voor de bestaande toestand zie de berekeningen 1 t/m 7.)

10.2 EPC bestaand met vernieuwde installaties, berekening 8

Bij de onderdelen indeling gebouw, infiltratie en bouwkundig worden er geen aanpassingen gedaan. Dit zijn de aanpassingen aan de installaties, zie bijlage B1-8.

W-installaties

Er is nog steeds voor een gescheiden systeem gekozen waarbij verwarming en warmtetapwater apart wordt geregeld. Een gecombineerd systeem, met micro-wkk, individuele cv-ketel of externe warmtelevering vindt voornamelijk plaats bij woningen.

Voor verwarming blijft de toegepaste installatie een WKK installatie. De WKK installatie wordt omgebouwd tot bio-WKK. Dit verschil kan niet aangegeven worden in de EPC berekening. Er kan gekozen worden voor een groter aantal WKK installaties. Deze vervangen dan de stoomketels. Maar hierdoor zal de vergelijking met de bestaande situatie niet meer kloppen, dus er is gekozen om met twee WKK installaties ook verder te rekenen. Er is wel een EPC berekening gemaakt waarbij meerdere WKK's zijn toegepast ter vergelijking.

Hierdoor vinden er bij verwarming dus geen veranderingen in de berekening plaats. Voor het warmtetap- water wordt op dit moment een CV installatie toegepast. Door deze te wisselen voor een WKK voor het warmtetapwater gaat de EPC omlaag.

Daarnaast worden er een douche, WTW en zonneboiler toegepast. Hierdoor gaat de EPC maar met een matige hoeveelheid omlaag. Bij de douche en WTW wordt dan ook niet gevraagd hoeveel personen er bijvoorbeeld gebruik maken van de douche, onder andere om die reden kan niet exact worden gezegd hoeveel invloed de douche en WTW heeft, dus waarschijnlijk neemt UnieC een aanname.

Ventilatie

De mechanische ventilatie wordt ingesteld op tijdsturen. Hierdoor kan bijvoorbeeld de verpleegster bepalen wanneer er meer en wanneer er minder wordt geventileerd. Dit wordt dus per bedkamer anders ingesteld. Daarnaast worden de kanalen opnieuw gecontroleerd en vernieuwd zodat ze de hoogste dichtheidsklasse (mate van luchtdichtheid) halen.

Op dit moment wordt de absorptie koelinstallatie aangedreven door de WKK. Door deze aan te drijven op gas wordt de EPC met een groot verschil omlaag gehaald.

E-installaties

Door het toepassen van armatuurafzuiging komt de EPC een stuk lager te liggen. De reden hiervan is dat overtollige warmte wordt afgezogen.

Op dit moment is de verlichting handgeschakeld, door dit te veranderen naar veegpulsschakeling met daglichtschakeling komt de EPC nog een stuk lager te liggen. Veegpuls betekend eigenlijk tijd gestuurd. Hierdoor kan er voor worden gekozen dat in bepaalde kamers op bepaalde tijden geen verlichting aan staat, of dat de verlichting wordt gedimd. Dit kan bijvoorbeeld s' nachts zijn. In combinatie met daglichtschakeling kan met een sensor ook gecontroleerd worden of er verlichting nodig is, of dat er genoeg licht van buitenaf komt.

Hieronder is schematisch weergegeven welke aanpassingen er zijn gedaan, en welk verschil dat in EPC oplevert:

Berekening 8, bestaand, 5e verdieping, zuid, aanpassingen vanaf EPC 4,701 naar EPC 3,385		
Onderdeel	Aanpassing	EPC
warmtetapwater	WKK toepassen	4,518
warmtetapwater	elektrisch vermogen naar 500 kW < pel < 1000 kW	4,473
warmtetapwater	toepassing douche WTW	4,465
warmtetapwater	toepassing zonneboiler	4,284
ventilatie	ventilatie met tijdsturing	4,271
ventilatie	luchtdichtheidsklasse LUKA D	4,159
koeling	absorptiekoeling, gas aangedreven	3,79
verlichting	armatuurafzuiging	3,661
verlichting	veegpulsschakeling i.c.m. daglichtschakeling	3,385

10.3 EPC bestaand met vernieuwde installaties, berekening 9

Bij de bovenstaande berekening is uitgegaan van een WKK installatie, hierbij zijn dus de stoomketels er niet in meegenomen. Op het moment dat je in plaatst van de stoomketels nog drie extra WKK installaties neer zet, gaat de EPC enorm omhoog. Zie bijlage B1-9. Wanneer je de twee WKK installaties behoud en daarvan het vermogen omhoog haalt, zal de EPC niet veranderen. Dit komt doordat het totale gasverbruik hetzelfde blijft, alleen de WKK kan door een hoger vermogen wel meer energie leveren.

10.4 EPC klimaatgevel voor bestaande gevel, berekening 10

De aanpassingen worden gedaan op de onderstaande onderdelen. Zie ook bijlage B1-10.

Infiltratie

De klimaatgevel zal verandering geven op de infiltratie. Zo wordt er bij infiltratie aangegeven dat er een dubbele huidgevel aanwezig is. Dit levert een klein verschil in de EPC.

Bouwkundig

Het zou logisch zijn om de Rc-waarde van de buitengevel aan te passen, maar dat zou niet kloppen. De isolatiewaarde van lucht ligt ergens tussen de 0 en 0,18 voor spouwwallen. De berekening $R =$

dikte / lambda klopt in geval van lucht niet. Dat zou betekenen dat met de lambda waarde van lucht (0,024) en een spouwdikte van 723 je een R waarde krijgt van 30,125 krijgt.

De tweede huidgevel wordt dus niet opgenomen in de Rc waarde van de gevel, ondanks dat het wel enige invloed zal hebben op het warmte-isulerend vermogen van de gevel. Maar bij infiltratie is hier wel rekening mee gehouden. Er verandert dus niets aan de Rc waarde. Ook de U waarde van het glas verandert niet, aangezien bij de klimaatgevel het bestaande kozijn in de gevel blijft.

Ventilatie

Het verschilt per jaargetijde en buitentemperatuur welke vorm van ventilatie wordt gebruikt. Omdat in de tussensituatie er natuurlijke toevoer is en mechanische afvoer, is hiervoor gekozen. Hierbij is de toevoer winddruk gestuurd. Helaas is het niet mogelijk om de afvoer gezoned te berekenen, dus vandaar wordt er gekozen zonder zonering. Nu komt de EPC op 3,093 te liggen. Maar een deel van de tijd zal er ook mechanisch geventileerd worden. Dan zal de EPC niet lager dan 3,380 komen te liggen.

Berekening 10, variant 1, klimaatgevel, aanpassingen vanaf EPC 3,385 naar EPC 3,093		
Onderdeel	Aanpassing	EPC
infiltratie	dubbele huidgevel doorlopend	3,38
ventilatie	natuurlijk toevoer, mechanische afvoer*	-
ventilatie	winddrukgestuurde toevoer, tijdgestuurde afvoer	3,093

10.5 EPC klimaatgevel met groengevel, berekening 11

De aanpassingen worden gedaan op de onderstaande onderdelen. Zie bijlage B1-11.

Infiltratie

Ook hierbij is er verandering door de infiltratie. Er wordt aangegeven dat er een dubbele huid aanwezig is.

Bouwkundig

Er vinden geen aanpassingen plaats, zie vorige klimaatgevel berekening.

Ventilatie

Bij de tussensituatie vindt er natuurlijke toevoer en mechanische afvoer plaats. Hiervoor wordt ook gekozen bij dit geveltype. Er wordt gekozen voor de variant met CO2 sturing. Omdat er een groengevel wordt toegepast kan het zijn dat op bepaalde momenten er meer CO2 binnenkomt dan op andere momenten. Dit zal ook verschillen per bedkamer, bijvoorbeeld op welke verdieping de bedkamer is gelegen. Hierbij moet rekening worden gehouden dat er ook op bepaalde tijden geheel mechanisch wordt geventileerd, hierbij zal de EPC dus niet omlaag gaan.

Bevochtiging

Er wordt gekozen voor waterbevochtiging. Dit gebeurt indirect doordat de planten de lucht bevochtigen. Volgens de EPC heeft dit een nadelig effect en gaat de EPC weer omhoog. Er kan gekozen worden om alsnog ook stoombevochtiging op stoomketel te leveren. Hierdoor blijft de EPC gelijk.

Berekening 11, variant 2, klimaatgevel groen, aanpassingen vanaf EPC 3,385 naar EPC 2,930

Onderdeel	Aanpassing	EPC
infiltratie	dubbele huidgevel doorlopend	3,38
ventilatie	natuurlijk toevoer, mechanische afvoer*	-
ventilatie	met CO2 sturing	2,837
bevochtiging	waterbevochtiging (d.m.v. groengevel)	2,93

10.6 EPC tweede huidgevel verticaal, berekening 12

Infiltratie

Er wordt bij infiltratie voor een dubbele huidgevel welke onderbroken is gekozen. Hieruit blijkt dat de dubbele huid maar een klein verschil geeft ten opzichte van geen dubbele huid.

Bouwkundig

Bij deze variant wordt er gekozen voor het plaatsen van een extra, dikke isolatielaag voor de bestaande gevel. Hierbij gaat de Rc-waarde fors omhoog. EPS isolatie heeft een lambda waarde van 0,035. De dikte van de isolatie is 200 mm, waarop de Rc-waarde van 5,7 uit komt. De Rc-waarde van de spouw heeft een standaard waarde van 0,15. De houten paneel constructie bestaat uit 13 mm dikke panelen met een lambda waarde van 0,17. $0,013 / 0,17$ geeft een Rc-waarde van 0,08.

De bestaande situatie had al een Rc van 3,04. Daar komt nog de Ri en Re bij. Dit geeft in totaal:

$$3,04 + 5,7 + 0,15 + 0,08 + 0,04 + 0,13 = 9,14 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Door het toepassen van de gevel met de nieuwe isolatie gaat de EPC maar weinig omlaag. Daarnaast gaat door het toepassen van nieuwe kozijnen en drievoudige beglazing, met een U-waarde van 1,7, de EPC omhoog i.v.m. de hogere koellasten in de zomer. Zie bijlage B1-12.

Berekening 12, variant 3, 2e huidgevel verticaal, aanpassingen vanaf EPC 3,385 naar EPC 3,38

Onderdeel	Aanpassing	EPC
infiltratie	dubbele huidgevel onderbroken	3,384
bouwkundig	Rc buitengevel naar 9,14	3,371
bouwkundig	triple glas met aluminium kozijn; U = 1,7	3,385

10.7 EPC tweede huidgevel horizontaal, berekening 13

Bij deze variant gelden dezelfde aanpassingen als bij de vorige variant. De infiltratie verandert naar een onderbroken dubbele huidgevel. De Rc-waarde wordt 9,14 m².K/W en de U-waarde 1,7. Hierdoor komt er dus ook dezelfde EPC-waarde uit de berekening als bij de vorige berekening. Zie bijlage B1-13.

Berekening 13, variant 4, 2e huidgevel horizontaal, aanpassingen vanaf EPC 3,385 naar EPC 3,385		
Onderdeel	Aanpassing	EPC
infiltratie	dubbele huidgevel onderbroken	3,384
bouwkundig	Rc buitengevel naar 9,14	3,371
bouwkundig	triple glas met aluminium kozijn; U = 1,7	3,385

10.8 EPC passiefhuis, berekening 14

Bij de passiefhuis variant vinden er alleen veranderingen plaats onder het kopje bouwkundig. De Rc wordt verhoogd naar 8,94 m².K/W. Dit ontstaat uit de EPC van de bestaande gevel, de isolatielaag en de pleisterlaag.

Voor de pleisterlaag geldt bij een dikte van 12 mm en een lambda waarde van 0,40; $0,012 / 0,40 = 0,03$. In totaal geeft dit een Rc van; $Rc = 3,04 + 5,7 + 0,03 + 0,04 + 0,13 = 8,94$. Daarnaast zal er uiteindelijk voor deze variant een kunststof kozijn worden gekozen, hierdoor gaat de U-waarde naar 1,2 waardoor het uiteindelijk op 3,4 komt te staan. Zie bijlage B1-14.

Berekening 14, variant 5, passiefhuis, aanpassingen vanaf EPC 3,385 naar EPC 3,3400		
Onderdeel	Aanpassing	EPC
bouwkundig	Rc buitengevel naar 8,94	3,372
bouwkundig	triple glas met kunststof kozijn, U = 1,2	3,4

10.9 EPC zonnecollectoren gevel, berekening 15

Bij deze berekening vinden er veranderingen plaats op twee punten.

Bouwkundig

De gevel is opgebouwd uit de bestaande beton panelen met een Rc waarde van 0,09. De isolatie van 200 mm dik heeft een Rc van 5,7, zie berekening 12. Dit geeft samen:

$$5,7 + 0,09 + 0,04 + 0,13 = 5,96 \text{ m}^2 \text{ K/W.}$$

Daarnaast verandert de U-waarde van het glas naar 1,7. De spouw tussen de gevel en de zonnecollectoren en de zonnecollectoren zelf zullen de Rc waarde minimaal omhoog halen. Maar dit is buiten beschouwing gelaten.

Warmtetapwater

Hierbij veranderd het onderdeel zonneboiler. Er komt namelijk 17 m² aan gevelvlak met zonnecollectoren bij. Hierdoor gaat de EPC omhoog. Zie bijlage B1-15.

Berekening 15, variant 6, zonnecollectoren gevel, aanpassingen vanaf EPC 3,385 naar EPC 3,3411

Onderdeel	Aanpassing	EPC
bouwkundig	Rc buitengevel naar 5,96	3,376
bouwkundig	triple glas met kunststof kozijn, U = 1,2	3,4
warmtetapwater	17 m ² aan opp. zonneboiler erbij	3,411

10.10 EPC zonnecellen gevel, berekening 16

De bestaande gevel blijft hetzelfde, alleen er worden nieuwe kozijnen toegepast, waardoor de U-waarde naar 1,7 gaat.

Daarnaast vindt er een verandering plaats bij het onderdeel zonnestroom. Op de gevels worden over het gehele dichte vlak zonnecellen toegepast. Door ze onder een hoek te plaatsen zijn de zonnecellen niet zichtbaar en halveert ongeveer het totale oppervlak van de zonnecellen. Er is gerekend met een oppervlakte van 8,5 m² (17 m² / 2). Voor alle berekeningen is een bedkamer op het zuiden genomen. Dit geeft natuurlijk een beter resultaat dan op het noorden. Een bedkamer met een zuidgevel zal een EPC van 2,816 krijgen, en een bedkamer met een noordgevel een EPC van 3,122.

Berekening 16, variant 7, PV-panelen gevel, aanpassingen vanaf EPC 3,385 naar EPC 1,648

Onderdeel	Aanpassing	EPC
bouwkundig	triple glas met aluminium kozijn, U = 1,7	3,39
zonnestroom	8,5 m ² op zuidgevel aangebracht per bedkamer	2,816

10.11 EPC vliesgevel, berekening 17

Bij de vliesgevel worden op de onderstaande punten aanpassingen gedaan.

Bouwkundig

De U-waarde van het glas wordt 1,2. Daarnaast moet de gehele gevel als glas oppervlak gezien worden. Door het glas oppervlak evengroot te maken als het oppervlak van de buitenwand, rekent Uniec met alleen glas. Hierdoor gaat de EPC fors omhoog. Door de drie lamellen die zijn geplaatst is er constante beschaduwing. Wat wordt gezien als een overstek. Hiermee gaat de EPC weer omlaag.

Daarnaast dienen de toegepaste lamellen ook als automatisch zonwering, waardoor de EPC nog een stuk omlaag gaat.

Zonnestroom

Het oppervlakte van de zonnecellen is te berekenen door de hoogte en de breedte van de zonnecellen in de vliesgevel op te meten, dus $7,2 \times 0,8 = 5,76 \text{ m}^2$. Voor de lamellen geldt; $0,4 \times 6,9 \times 3$ (is het aantal) = $8,28 \text{ m}^2$. Samen geeft dit een oppervlak van $14,04 \text{ m}^2$ aan zonnecellen per bedkamer. Hierdoor gaat de EPC fors omlaag.

Berekening 17, variant 8, vliesgevel, aanpassingen vanaf EPC 3,385 naar EPC 2,577		
Onderdeel	Aanpassing	EPC
bouwkundig	triple glas met kunststof kozijnprofielen, $U = 1,2$	4,037
bouwkundig	beschaduwning wordt constante overstek	3,86
bouwkundig	zonwering automatisch	3,536
zonnestroom	$14,04 \text{ m}^2$ aan PV-panelen toegepast	2,577

10.12 Bevindingen

Er zijn een paar onderdelen die opvallen. Zo gaat bij het aanpassen van de installaties de EPC een groot stuk omlaag. Maar bij de gevelaanpassingen treden er vaak maar weinig veranderingen op. Een van de redenen hiervan is dat bij een R_c van boven de 5, er eigenlijk nog maar weinig veranderd aan de EPC. De bestaande gevel heeft al een vrij hoge R_c waarde, waardoor er dus nog maar weinig veranderd in de gevel. De varianten die wel veel gunstiger uit de EPC berekening komen, hebben ook een aanpassing in het installatie systeem. Door het toevoegen van een ander ventilatie systeem of een zonenergie opwek systeem.

Een ander opvallend punt is, dat bij het toepassen van triple glas de EPC weer omhoog gaat. Bij dubbel glas is de isolerende waarde beter dan bij bijvoorbeeld enkel glas. Dit komt door de coating die aan de buitenzijde van het binnenste glasvlak zit. Hierdoor wordt de geproduceerde warmte binnen ook binnen gehouden. Wanneer de zon op de gevel schijnt en komt er een grotere hoeveelheid warmte binnen. Door de coating kan die warmte niet afgegeven worden naar buiten, dus dat betekent dat de koeling meer energie moet leveren. Hierdoor gaat de EPC omhoog bij het toepassen van een glasvlak met een hogere U -waarde, ook al lijkt dat onlogisch. Dit geldt voor de zuidzijde. Voor de noordzijde gaat de EPC wel omlaag, zoals hieronder te zien is;

energie (EPC zuid getal)	energie (EPC noord getal)	energie
3,093	3,111	4
2,93	2,937	3
3,385	3,329	5
3,385	3,329	5
3,4	3,335	5
3,411	3,353	5
2,816	3,122	3
2,577	2,836	1

10.13 Conclusie EPC gevelvarianten

Uit de EPC berekeningen blijkt dat de waarde grote verschillen aannemen bij het aanpassen van de installaties, maar wanneer er geveldelen worden aangepast verandert de EPC vrijwel niet. Wanneer berekening 8 wordt gemaakt, de variant waarbij alleen de installaties worden aangepast op de huidige situatie, is te zien dat de EPC vele malen positiever uit komt. Hierdoor komen de varianten met installaties in de gevel toegepast, ofwel de zonne-energie gevels, beter uit de EPC berekening. Voor een gunstige EPC waarde te halen, zou de keuze dus uitgaan naar een van de zonne-energie gevels. De gevelkeuze zal niet alleen afgestemd worden op de meest gunstige EPC, maar ook op andere onderdelen. Hierdoor zouden ook de andere varianten er toch nog gunstiger uit kunnen komen. Achter de EPC uitkomsten is een cijfer geplaatst van 1 t/m 5. Dit cijfer wordt uiteindelijk gebruikt om het te vergelijken met andere uitkomsten.

11 Materialen

Met materialen wordt de materialen berekening bedoeld volgens Greencalc+. In Greencalc+ zit een bibliotheek aan materialen waaraan gegevens van het materiaal zijn gekoppeld. Hierbij gaat het om de milieu gegevens van het materiaal. In cijfers komt naar voren welke negatieve bijdrage het geeft aan het milieu. Een goed voorbeeld is een PV paneel. Door middel van zonne-energie wordt duurzaam energie opgewekt, en dat heeft een positieve bijdrage aan het milieu. Maar wat vaak niet bekend is, is de energie die nodig is om het PV paneel te maken. In een PV paneel wordt silicium gebruikt voor de energieopwekking, bij deze toepassing gaat er veel energie verloren in het productieproces. Dit is ontzettend hoog in verhouding met bijvoorbeeld baksteen. Hierdoor scoort een PV paneel, en dus ook een zonne-energie variant zeer slecht op de Greencalc+ materialen berekening.

11.1 Varianten

In bijlage B2 zijn de resultaten van de Greencalc+ materialen berekening weergegeven. De verschillen zijn voornamelijk groot tussen de zonne-energie gevels en de overige gevels, vanwege het boven toegelichte probleem. Daarnaast zit het verschil hem ook in het aantal materialen dat je toepast en in welke mate. Hierdoor komt een variant waarbij minder materialen worden toegepast, zoals de passief variant, beter uit de berekening. De invloeden die het op het milieu heeft zet Greencalc+ voor je in een tabel, dit zijn bij alle variant de tweede tabellen in de bijlage.

Het verschil is goed zichtbaar tussen variant 5, de passiefhuis variant en variant 7, de zonnecellen variant. De ene heeft in het productieproces slechte invloeden op het milieu, waarbij de andere amper invloeden op het milieu heeft.

Toelichting weergave

Er zijn twee aandachtspunten. Zo worden de getallen in euro's weergegeven. Ze hebben eigenlijk de negatieve invloed omgezet in geld. Om het overzichtelijker te houden kan het getal beter niet in euro's worden gezien, maar gewoon als getal zonder valuta. Het getal wordt dan ook gebruikt om de verschillende varianten met elkaar te vergelijken. Hoe hoger het getal, des te meer negatieve invloeden op het milieu heeft het materiaal voorafgaan aan de bouw.

Een ander punt van aandacht is de isolatiedikte. Hoewel je in alle gevallen de dikte van het materiaal invoert zit er een 'fout' bij isolatie. Hier voer je de Rc waarde van het materiaal in. Er wordt gekozen om bij alle varianten een Rc van 3,5 in te voeren.

11.2 Conclusie

Uit de berekening blijkt dat de variant met de zonnecollectoren er het meest negatief uit komt, en de passief variant er het beste uit komt. Zie hiernaast. Ook hierbij zijn er cijfers toegekend aan de uitkomsten.

materiaal (greencalc getal)	materiaal
247,25	2
247,25	2
677,76	3
558,39	3
175,75	1
1863,7	5
1629,3	5
856,79	4

12 Kosten gevelvarianten

Van alle gevelvarianten is een globale kosten inschatting gemaakt. Hierbij is gekeken naar een aantal onderdelen;

- De sloopkosten
- Materiaal en plaatsing
- Algemene kosten
- Risico
- Onderhoud

In materialen en plaatsing wordt ook het uurloon van de bouwvakkers meegenomen om het te plaatsen.

Onder algemene kosten vallen de kosten voor steigers, transport, containers en stortkosten. In de meeste gevallen wordt hier 10% aangehouden, in sommige gevallen wijkt dit af door bijvoorbeeld hogere stortkosten.

Met winst&risico wordt bedoeld het risico dat de aannemer loopt plus de winst die de aannemer wil maken. Een aannemer neemt altijd een risicofactor over de kosten wanneer tijdens of na de bouw blijkt dat bepaalde dingen niet kloppen zodat hij deze 'fouten' kan vergoeden. Daarnaast wil de aannemer ook winst maken.

Belangrijk: De kosten zijn voor één gevelvlak genomen. Hiermee wordt dus het gevelvlak bedoeld voor een bedkamer, van totaal 25,5 m². Er is wel vanuit gegaan dat de gevelvariant bij alle bedkamers wordt toegepast.

In bijlage B3 is per gevelvariant een globaal kostenoverzicht gegeven met toelichting.

12.1 Conclusie

Wanneer alle varianten in één overzicht worden gezet valt het weer op dat variant 8, de zonne-energie vliesgevel, en variant 5, de passief variant, als uitersten scoren. Zie hieronder.

kosten (getal in euro's)	kosten
€ 15.846,00	3
€ 19.038,00	4
€ 18.930,00	4
€ 16.874,00	3
€ 7.782,00	1
€ 12.967,00	3
€ 9.614,00	1
€ 24.545,00	5

13 Patiënt beleving

Er zijn al verschillende onderzoeken gedaan naar de patiënt beleving in zorginstellingen. Helpt de omgeving, sfeer en beleving mee aan het versneld beter worden van een patiënt? Uit onderzoek is gebleken dat een patiënt in bepaalde omgevingen sneller beter wordt dan in andere omgevingen. Dit geldt vaak voor bijvoorbeeld een huiselijke sfeer of een groene omgeving. Uiteindelijk komt het allemaal neer op een omgeving waarin de patiënt niet de beleving heeft ziek te zijn. Wanneer de patiënt eerder beter is en naar huis kan, wordt er dus in verhouding energie bespaard. Want dat betekent dat er bijvoorbeeld over een jaar gezien meer patiënten na elkaar op één kamer kunnen liggen. Ofwel, er zijn in totaal minder bedkamers nodig. En minder oppervlakte betekent minder energieverbruik.

Per gevelvariant is meegenomen of de gevel bijdraagt aan een positieve patiënt beleving. Maar in principe zorgen de gevels voornamelijk voor een andere beleving van buitenaf, maar niet in de bedkamer zelf. Het is erg lastig om in te schatten welke veranderingen er in de kamer moet worden gedaan om alle patiënten tevreden te krijgen. Hieronder staan drie opties waarop de patiënt beleving positief beïnvloed kan worden. Een belangrijk punt welke er niet bij staat is het interieur. Dit wordt achterwege gelaten. Deze aanpassingen hebben namelijk geen betrekking met bouwkundige aanpassingen.

13.1 Grootte van de kamer en aantal patiënten op één kamer

De grootte van de kamer is een van de punten waar wat invloed kan hebben op de patiënt beleving. Ook hierin zijn weer grote verschillen. Sommige patiënten liggen liever alleen op een kamer en in andere gevallen liggen patiënten liever met meerdere personen op een kamer. De reden hiervan is dat ze dan meer sociale contacten hebben. In het Rijnstate ziekenhuis zijn kamers van één tot vier personen aanwezig. De eenpersoons kamer is vaak bedoeld voor personen die ernstig ziek zijn. Voor de rest worden de kamers afgewisseld tussen twee en vierpersoons kamers. Er is gekeken of de grootte van de kamers aanpasbaar is. Maar dat is erg lastig in het constructieve grid van het ziekenhuis. De 4-persoons kamers zijn twee keer zo groot als de 2-persoons kamers. Ondanks dat ogen de 4persoons kamers nog groter. Dit heeft te maken met het raamoppervlak wat zich bij deze kamers in het midden bevindt. Daarnaast kijken de patiënten niet direct tegen de tegenoverliggende wand. Hieruit blijkt eigenlijk dat de 4-persoons kamers een positievere patiënt beleving hebben dan de 2-persoons kamers. Maar ook hierbij geldt weer, dit zal per patiënt verschillen.

13.2 Daglichttoetreding

De hoeveelheid daglichttoetreding maakt ook in hoge mate uit. Meestal levert een grotere hoeveelheid daglicht voor een positievere patiënt beleving. Hierbij levert de vliesgevel variant vele positieve punten op en zijn de 2e huid en klimaatgevel varianten een minder goede keuze. Hierbij zal veel daglicht worden tegen gehouden ondanks dat de gehele gevels in glas uitgevoerd zijn. Een variant met meer daglicht toetreding zal dus positiever uit de matrix komen.

13.3 Uitzicht

Als laatste punt is het uitzicht erg belangrijk. Patiënten zijn vaak aan hun bed gebonden en hebben in verhouding weinig te doen op een dag. Een natuurlijke omgeving zorgt voor een schonere en fijnere

beleving. Maar niet alleen een groen uitzicht, maar ook een uitzicht waar vele bezigheden zijn wordt als een positieve patiënt beleving gezien.

De patiënt beleving wordt wel bij de criteria van de gevelvarianten en in de matrix meegenomen. Maar het is niet mogelijk om het geheel in het onderzoek te verwerken. Het verschilt per patiënt, en er zou dan een psychologisch onderzoek aan te pas moeten komen.

14 Matrix

14.1 matrix

In dit onderzoek zijn verschillende deelonderzoeken gedaan. Hierbij is er uitgebreid onderzoek gedaan naar de EPC berekening en zijn daarnaast ook een materialenberekening en een kosten raming gemaakt. De uitkomsten per variant zijn samengevoegd in één matrix. Naast de berekeningen waarbij er naar de cijfers is gekeken zijn er nog een paar punten in de matrix opgenomen. Hierbij hebben we het over het afval, esthetiek, comfort en overlast. De laatste drie punten zijn verbonden aan de patiënt beleving.

- Onder esthetiek wordt verstaan de uitstraling van het gebouw. Zowel voor bezoekers, patiënten als werknemers.
- Met comfort wordt het comfort van de patiënten bedoeld. Dus de beleving die ze hebben wanneer ze in een bedkamer liggen, het zicht naar buiten, de daglichttoetreding, maar ook de kamertemperatuur houden.
- Met overlast wordt bedoeld, de duur van de verbouwing (patiënten moeten tijdelijk verhuizen) en de overlast die de verbouwing veroorzaakt.

Aan deze punten kan niet gerekend worden, maar er kan wel een inschatting van worden gemaakt of ze in positieve of negatieve zin meespelen in het kiezen van een gevelvariant. Om alle punten met elkaar te kunnen vergelijken is er per onderdeel een cijfer van 1 tot 5 gegeven. Bij de EPC berekening, materialen berekening en kosten is dit dus op basis van die uitkomst gedaan, bij de overige is een inschatting gemaakt.

	kosten	milieubelasting			patiënten beleving			totaal
		afval	energie	materiaal	estetisch	comfort	overlast	
Variant 1 klimaatgevel	3	1	4	2	3	3	3	19
Variant 2 klimaat groengevel	4	2	3	2	2	3	4	20
Variant 3 2e huid vert.	4	3	5	3	4	4	4	27
Variant 4 2e huid hori.	3	3	5	3	4	4	4	26
Variant 5 passiefhuis	1	2	5	1	5	3	2	19
Variant 6 zonnecollectoren	3	5	5	5	5	2	4	29
Variant 7 zonnecellen	2	2	3	5	3	4	2	21
Variant 8 vliesgevel zon	5	4	1	4	1	1	3	19

14.2 Bevindingen

Uit de matrix springen drie varianten naar voren die er het positiefst uitkomen. Het gaat hier om deze drie varianten:

- Variant 1, klimaat gevel voor bestaande gevel
- Variant 5, passiefhuis variant
- Variant 8, vliesgevel variant

Opvallend van deze drie varianten is dat de variant 1 op alle punten gemiddeld scoort, en dat juist variant 5 en 8 op sommige punten juist goed scoren en op andere punten slecht scoren.

Variant 1

Variant 1 scoort voornamelijk goed op afval en materiaal. Doordat er maar weinig sloopwerkzaamheden plaatsvinden bij deze variant valt deze variant zeer positief uit op onderdeel afval. De reden dat er goed wordt gescoord op materiaal heeft te maken met de producten waar

deze variant uit bestaat. Het produceren van een staalconstructie en vliesgevel constructie heeft amper negatieve invloed op het milieu. Naast deze twee punten scoort deze variant voor de rest niet goed of gemiddeld.

Variant 5

Variant 5 scoort op materiaal en kosten zeer gunstig, en op energie en esthetiek erg ongunstig. De reden dat deze variant zo positief scoort op materiaal is om twee redenen; er worden weinig nieuwe materialen gebruikt en de materialen die worden gebruikt zijn geen belasting voor het milieu. Doordat er weinig nieuwe materialen worden gebruikt en er ook nog eens amper wordt gesloopt valt deze variant ook zeer gunstig uit in de kosten.

De EPC voor deze variant komt niet positief uit. Wat opvallend is, is dat de EPC vooral positief scoort wanneer er aanpassingen worden gedaan in de installaties. Bij deze variant komen er geen extra energie-opwekkers bij, dus het geeft geen positievere uitslag op de EPC. Ook al krijgt de variant een hoge Rc waarde, dat heeft een zeer laag effect op de EPC waarde.

Daarnaast is een groot nadeel dat je een grote verbouwing doet aan het ziekenhuis maar de esthetische uitstraling amper veranderd. Het gevelvlak zal minder in kaders zijn opgedeeld zoals bij de bestaande situatie, maar voor de rest behoudt het dezelfde uitstraling. Hoewel esthetiek vaak een verschil van mening is, wordt dit bij deze variant als minpunt gezien.

Variant 8

Deze variant scoort erg slecht op kosten en materiaal, maar scoort juist wel goed op de energie, esthetiek en comfort. De hoge kosten komen voornamelijk door de sloopkosten, de gehele gevel wordt verwijderd, en voor de betonpanelen is ook een kraan nodig. De reden dat deze variant zo slecht scoort op materiaal komt voornamelijk door de PV-panelen die zijn toegepast. Zoals al eerder is toegelicht is de productie hiervan zeer slecht voor het milieu. De PV panelen zorgen er wel weer voor dat deze gevelvariant goed scoort op energie. Door het toepassen van PV panelen gaat je EPC altijd omlaag wat zeer gunstig is.

Deze variant wordt gezien als de variant die op esthetiek en comfort het hoogste scoort. Door de strakke uitstraling zal de esthetische waarde omhoog gaan ten opzichte van het bestaande. Op gebied van comfort scoort deze variant erg goed. In verhouding met de andere varianten komt hier een grote hoeveelheid daglicht binnen. Door de lamellen kan dit worden afgestemd door de patiënten zelf. De patiënten hebben een groot vrij uitzicht naar buiten.

14.3 Conclusie

De punten waarop variant 1 scoort zijn minder van belang, daarom zal de overweging moeten worden genomen tussen variant 5 en variant 8. Wanneer het Rijnstate ziekenhuis zou kiezen voor het beste patiëntencomfort en beleving kan er het beste gekozen worden voor variant 8. Wanneer het Rijnstate ziekenhuis zo weinig mogelijk kosten wil maken, zal de passiehuis optie 5 het beste kunnen worden toegepast.

Er is gekozen om variant 8 verder uit te werken, zie volgende hoofdstuk.



15 Gekozen variant Rijnstate ziekenhuis

De voorkeur gaat uit naar variant 8, de vliesgevel variant. De voornaamste reden dat dit als variant voor het Rijnstate ziekenhuis is gekozen, is vanwege de positieve EPC uitkomst en het comfort. Wanneer het patiënten comfort een hoog cijfer krijgt kan dat indirect gevolg hebben op de lengte van de tijd dat de patiënt in het ziekenhuis ligt. Uit eerder onderzoek is gebleken dat bepaalde factoren bijdragen aan het sneller beter worden van een patiënt. Het gaat hier over onder andere daglicht, groene omgeving en huiselijke sfeer. Dit samen zorgt ervoor dat deze variant de gekozen variant voor het Rijnstate ziekenhuis is geworden.

In bijlage T, detail 30 en 31. zijn twee extra details van deze variant toegevoegd. Hierop zijn de aansluiting bij de dakrand, de aansluiting bij het ondergelegen dak en de horizontale aansluiting bij de hoek van de verpleeggang weergegeven.

15.1 Toepassing varianten op andere ziekenhuizen

In het plan van aanpak is omschreven dat er voor is gekozen om één bedkamer te onderzoeken, omdat er in alle ziekenhuizen een bedkamer voorkomt. Zo zou achteraf kunnen worden geconcludeerd of de bedkamer met vernieuwd gevelvlak ook bij andere ziekenhuizen van het Streamer project kan worden toegepast.

Uit de gevelvarianten blijkt eigenlijk wel direct dat je ze niet zomaar kan toepassen op elk willekeurig ziekenhuis. Elk bestaand ziekenhuis is uniek qua opbouw. De klimaatgevel en tweede huidgevel varianten worden allemaal opgehangen aan de bestaande constructie. Of dit ook mogelijk is bij andere ziekenhuizen ligt aan de constructie. In sommige gevallen zou de gevel niet eens opgehangen hoeven te worden.

De passiefhuis en zonne-energie varianten zijn eventueel wel toepasbaar op een ander ziekenhuis, maar ook daar komen weer constructieve factoren bij kijken. Het klimaat speelt daarnaast een grote rol. Het toepassen van bepaalde gevelvarianten zal in een zonnig zuidelijk gelegen land veel positiever uitkomen, en een andere variant juist veel negatiever. Zo zal een zonne-energie gevel veel energie opwekken, maar bijvoorbeeld een klimaatgevel zal voor te veel warmte zorgen.

16 Conclusie

Alle - uit het onderzoek - behandelde factoren meewegende, is de conclusie dat voor het verbeteren van de duurzaamheid de varianten 5 en 8 het beste resultaat geven, waarvan de variant 8 het meeste comfort biedt voor de patiënt.

Uit het onderzoek blijkt ook dat het niet mogelijk is om deze conclusie voor bedkamers met andere ziekenhuizen één-op-één te vergelijken. De gegevens van de onderzochte varianten uit dit onderzoek kunnen grotendeels worden overgenomen bij andere situaties, maar dienen aangepast te worden op de bestaande constructies, indelingen en omgeving.

In de EPC berekeningen wordt duidelijk dat door middel van andere installaties toe te passen het energieverbruik veel meer omlaag gaat. Het principe van deze installaties kan ook in de andere ziekenhuizen worden toegepast.

In het Streamer onderzoek wordt op veel grotere schaal gekeken naar energiebesparing bij diverse ziekenhuizen. Uit dit onderzoek blijkt dat het niet mogelijk is om op deze gedetailleerde schaal bij alle ziekenhuizen energie te besparen.

16.1 Terugkoppeling verdieping onderzoeksvoorstel

De doelstelling

‘Het doel van het onderzoek is om door middel van een technische uitwerking en door verschillende varianten te maken van een bedkamer, te achterhalen welke variant bedkamer de minste energie verbruikt, in relatie tot de kosten en het comfort. Daarnaast wordt onderzocht of deze varianten van bedkamers ook toepasbaar zijn in verschillende ziekenhuizen.’

Uit de varianten zijn verschillende mogelijkheden gebleken die toepasbaar zijn op het Rijnstate ziekenhuis. Daarnaast is een opvallend punt, dat de invloed van de installaties zeer grote impact heeft op het energieverbruik. Een grotere impact dan aanpassingen in de gevel. Dit werd van tevoren niet verwacht. Zoals al eerder is geconcludeerd is het niet zomaar mogelijk om de bedkamer varianten, ofwel gevelvarianten, ook in andere ziekenhuizen toe te passen.

De kennisvraag

‘hoe kan de transformatie naar een energie neutrale gebouwde omgeving op een kosten effectieve wijze worden gemaakt?’

Het onderzoek was in de eerste instantie voornamelijk gericht op energie besparing door middel van aanpassingen aan de gevel. Omdat in alle varianten hetzelfde vernieuwde installatie systeem is toegepast, is er bij de kosten raming alleen een vergelijking gemaakt tussen de gevelvarianten. Hieruit blijkt dat de passiefhuis variant het beste scoort en de minste kosten met zich mee brengt. Maar deze variant scoort slechter op het gebied van energie dan de meeste varianten. Daarnaast zijn sommige installaties een grote investering om toe te passen. De combinatie van nieuwe kozijnen toepassen, het gebouw na-isoleren en bepaalde goedkope installaties toe te passen zou de beste

optie zijn om een energie neutrale gebouwde omgeving te creëren. Hierbij kan gedacht worden aan installaties zoals een douche WTW. Dit is een goedkope energiezuinige installatie. Op dit moment is 'duurzaamheid' en 'energie neutraal wonen/werken' nog in volle ontwikkeling. Hierdoor komen er op dit moment nog vrij hoge kosten kijken bij toepassingen om energie neutrale gebouwen te ontwikkelen. In de toekomst is de kans groot dat door nieuwe ontwikkelingen het makkelijker wordt om energie neutrale gebouwen te bouwen, en de kosten hierdoor ook omlaag zullen gaan.

De praktijkvraag

'Welke gevelaanpassingen kunnen er worden toegepast op een bedkamer van het Rijnstate ziekenhuis in Arnhem, zodat een bedkamer een energiezuinigere waarde krijgt?'

Na verschillende overwegingen zijn er in totaal 8 varianten die mogelijk zouden kunnen toegepast worden op het Rijnstate ziekenhuis. In alle gevallen heeft de gevel invloed op het energieverbruik en krijgt de bedkamer dus een energiezuinigere waarde.

Competentie bouwtechniek

'Op basis van het definitief ontworpen uitwerken en specificeren van het bouwwerk in een technisch model (BIM en tekeningen) met definitieve indelingen, inrichting en aanzichten, inclusief maatvoering en detaillering.'

Tijdens het onderzoek ben ik bezig geweest met BIM. De afgelopen maanden heb ik meegedraaid in het Streamer project, wat deels ook om BIM draait. Ik heb de samenwerking van verschillende partijen in één BIM model gezien. Zelf ben ik ook onderdeel geweest van het BIM proces bij Streamer. Zo heb ik mogen werken met een nieuw programma, genaamd Briefbuilder. In dit programma staan de eisen voor een ontwerp. Bijvoorbeeld; er moet een operatiekamer komen van 25 m2. Vervolgens kunnen deze eisen gekoppeld worden aan een 3D model in Revit. Er blijkt dan of alle eisen die de opdrachtgever stelt ook daadwerkelijk in het ontwerp zijn opgenomen.

Voor het onderzoek zelf ben ik voornamelijk bezig geweest met het uitwerken van details in Revit. Je loopt bij elk detail weer tegen verschillende vraagstukken aan. Door overleg met medewerkers en verschillende opties uitwerken krijg je uiteindelijk antwoord op je vraagstukken. Erg leerzaam, en bij elk detail leer je weer wat bij.

Competentie bouwfysica

'Opstellen van bouwfysische akoestische en energetische rapportages met betrekking tot de kwaliteit en verbetermogelijkheden van een bestaand gebouw ten behoeve van de waardestelling.' Bij dit onderzoek zal het alleen niet ten behoeve van de waardestelling gaan, maar ten behoeve van de energiebesparing.

Hierbij heb ik mij vooral gericht op energetische rapportages en niet de akoestische aspecten. Door deze competentie in dit onderzoek mee te nemen ben ik gaan kijken naar verbetermogelijkheden bij de installaties die zich in het gebouw bevinden. Uiteindelijk bleek hier een veel grotere hoeveelheid energie mee bezuinigd te kunnen worden. Van de EPC berekeningen zijn ook uiteindelijke rapportages van in de bijlage verschenen.

Terugkoppeling Streamer project

In het plan van aanpak en het inleidend analyseverslag wordt omschreven dat het doel van het Streamer project is om in de ziekenhuizen in de EU 30 tot 50% energie te bezuinigen. Vanuit het Rijnstate ziekenhuis zijn er alleen gegevens uitgewisseld over het totale energieverbruik. Hierbij is dus ook alle apparatuur die bijvoorbeeld bij operaties worden gebruikt meegenomen. Het was niet mogelijk om dit verbruik terug te rekenen naar één bedkamer. Zo is bijvoorbeeld niet exact bekend welke installaties op welke afdelingen zijn aangesloten. Ook bij het nieuwe installatieontwerp en de nieuwe geveltoepassingen was het niet mogelijk om in te zien of er op één bedkamer ook daadwerkelijk tussen de 30 en 50% energie is bespaard.



17 Literatuurlijst

<http://www.biowkk.eu/index.php?categorie=Projecten&id=116>
<http://groengas.nl/toepassingen/bio-wkk/>
<http://www.mestverwerken.wur.nl/techniek/Pdf%5CCovergisting.pdf>
<http://www.wageningenur.nl/nl/show/Covergisting-VIC-Sterksel.htm>
<http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/biomassa-sde-2014>
http://www.biogas.nl/downloads/0345ben-folder-co-vergisting_v26maart10-def.pdf
<http://checkenvergelijkcvketels.nl/artikel/platenwisselaar-warmtewisselaar.php>

<http://www.rvo.nl/>
<http://www.bouwwereld.nl/productnieuws/pcm-maakt-wand-en-vloer-tot-klimaatstelsel/>
<http://thermacool.nl/>

<http://www.carlstahl.nl/architectuur-groene-gevels-en-muren-x-tend.html>
<http://zigzagsolar.com/products/>
<http://www.bouwwereld.nl/project/decoratieve-gevel-opgehangen-aan-dakrand>



18 Woordenlijst

QR code: Vergelijkbaar met een barcode. Door het scannen van deze code komt er informatie in beeld of wordt je doorverwezen naar een website.

WKK: Warmtekrachtkoppeling installatie

WKO: warmte koude opslag

It waarde: Isolatiewaarde. Werd vroeger gebruik in plaats van de EPC berekening.

Platenwisselaar: warmteoverdracht doormiddel van platen

Rekenzone: In dit verslag wordt met rekenzone de bedkamer bedoeld.

Deleverable: Een project deel je zoveel mogelijk op in stukken die los van elkaar kunnen worden uitgevoerd. Voor elk van die stukken bepaal je het resultaat dat het moet opleveren. Zo'n resultaat noemen we een oplevering (vaak in het Engels: een 'deliverable').

Healing environment: Een healing environment is een omgeving waarin het welzijn van patiënten, familie en werknemers wordt bevorderd en zich richt op stress vermindering.

Greencalc+: Een programma waar voorheen energie berekeningen werden gemaakt. Het verschil hiervan ten opzichte van de EPC berekening is dat er ook andere onderdelen in worden meegenomen. Zoals de productie van materialen en het waterverbruik.