

Mediatheek HvU



0300 526 0422

24 mei 2005

Afstudeerscriptie

Kwantificeren van de invloed van
bouwkundige en installatietechnische maatregelen
op comfort - en energieprestaties van gebouwen.

Studenten: G.J. van den Brink, HvU
K.J. van der Maas, HvU

**KWANTIFICEREN VAN DE INVLOED VAN
BOUWKUNDIGE EN
INSTALLATIETECHNISCHE MAATREGELEN
OP COMFORT- EN ENERGIEPRESTATIES VAN
GEBOUWEN**

Algemene gegevens

Bedrijfsgegevens

Bedrijf: Stork WorkSphere, werkmaatschappij van Stork NV
Vestiging: Regiokantoor Maarssen
Postadres: Postbus 1803
Postcode: 3600 BV Maarssen
Bezoekadres: Planetenbaan 1
Postcode: 3606 AK Maarssen
Telefoon: 0346-588888
Website: www.storkworksphere.com

Begeleiders

Naam: A. van Manen MSc., Stork Worksphere
E-mail: anne.vanmanen@stork.com

STORK[®] *knows-how*

Naam: Ir. T.M. Zaal, Hogeschool Utrecht
E-mail: tim.zaal@hvu.nl

Naam: Ir. H. van Tienhoven, Hogeschool Utrecht
E-mail: info@vtao2.nl

Studenten

Naam: G.J. (Gertjan) van den Brink
Adres: Hoofdweg 236
Postcode: 6744 WR Edeveen
Telefoon: 06-53429752
Studierichting: Integraal Ontwerpen
Studentnummer: 1128123

Hogeschool
van Utrecht



Naam: K.J. (Klaasjan) van der Maas
Adres: West- Breukelderweg 13A
Postcode: 6721 MP Bennekom
Telefoon: 06-19224089
Studierichting: Hogere Installatie Techniek
Studentnummer: 1164608

Management summary

Om aan te kunnen geven welke bouwkundige en installatietechnische eigenschappen een gebouw moet hebben om een bepaalde comfort- en energieprestatie te leveren is het van belang om te weten wat de invloed is van deze eigenschappen. Het doel van dit rapport is de invloed van een aantal eigenschappen van een gebouw en de klimaatinstallatie op het comfort in het gebouw en de energieprestatie van het gebouw uit te drukken in een getal, ofwel te kwantificeren.

Stork WorkSphere kan de getallen, gepresenteerd in dit rapport, gebruiken in gesprekken met opdrachtgevers/architecten over een nieuwbouwproject in een vroege fase van het voortbrengingsproces. Tevens is het rapport voorzien van de nieuwste informatie op het gebied van comfort en energie- efficiëntie in gebouwen.

Recent onderzoek heeft met harde cijfers aangetoond dat het binnenklimaat een belangrijke rol speelt in het totale pakket van factoren die samen de fysieke werkomgeving bepalen (15 % bepalend). Een comfortabele binnentemperatuur zorgt voor een hogere arbeidsproductiviteit, minder ziekteverzuim en gewoon een prettige werkomgeving.

Om een goed binnenklimaat te realiseren moet de klimaatinstallatie afgestemd worden op het gebouw, maar deze zal pas het gewenste resultaat leveren als ook het in bedrijf stellen, beheren en onderhouden goed gebeurt. Dit lijken vanzelfsprekendheden, maar de praktijk wijst uit dat 70% van de klimaatinstallaties niet optimaal werkt. Een ander gevolg van het niet goed functioneren van de klimaatinstallatie is dat het energiegebruik onnodig hoog is.

Uit het onderzoek is gebleken dat comfortverbetering en energiebesparing in gebouwen niet tegenstrijdig met elkaar hoeven te zijn. Dit is zowel door het literatuur- als het simulatieonderzoek bevestigd.

Uit de resultaten blijkt dat de volgende bouwkundige maatregelen een positief effect hebben op het comfort en het energiegebruik: het verhogen van de gebouwmassa en het verlagen van de glasfractie in de gevels. Hoewel bovenstaande conclusie voor gebouw- en installatie-experts wellicht niet nieuw is, is in dit rapport vastgelegd welke invloed het heeft.

Een installatietechnische maatregel die comforthandhavend en energiebesparend bleek is het achterwege laten van bevochtiging. Klachten over 'droge lucht' zijn eerder te wijten aan luchtvervuiling dan aan een te lage relatieve vochtigheid. Ook het verlagen van het ventilatievoud is een maatregel die een forse energiebesparing kan realiseren, terwijl het comfort hier niet onder lijdt. Uit de berekeningen blijkt dat stooklijn optimalisatie energetisch gezien weinig oplevert. Uit comfortoverwegingen kan wel besloten worden om stooklijn optimalisatie toe te passen.

Voorwoord

Maarssen, 23 mei 2005

Ter afsluiting van onze studies aan de Hogeschool van Utrecht hebben we 4 maanden een afstudeerproject gedaan bij Stork WorkSphere in Maarssen. Stork WorkSphere Maarssen is een regiokantoor van het landelijke installatiebedrijf Stork WorkSphere.

Stork WorkSphere levert comfort. Dit wordt gerealiseerd door het installeren en onderhouden van technische installaties en systemen die de werkomgeving van mensen bepalen. Hierbij kan gedacht worden aan de volgende systemen: verwarming, airconditioning, communicatie/informatie, energie, water, toegangscontrole en brandbeveiliging.

Dit onderzoek heeft zich toegespitst op het thermisch comfort in de utiliteitsbouw. Er zijn simulaties gedaan om inzicht te krijgen in de effecten van verschillende bouwkundige en installatietechnische maatregelen op het thermisch comfort.

Graag bedanken we langs deze weg een ieder binnen of buiten Stork WorkSphere die ons met raad en daad terzijde heeft gestaan.

Gertjan van den Brink (Integraal Ontwerpen)

Klaasjan van der Maas (Hogere Installatie Techniek)

Inhoudsopgave

Algemene gegevens.....i

Management summary.....iii

Voorwoordv

Inhoudsopgave.....vii

Inleidingix

 Algemeenix

 Geconstateerd probleemix

 Doelstelling van het onderzoek.....ix

 Doelgroep.....x

 Probleemstellingxi

 Hypothesexi

 Onderzoek- en scriptieopzet.....xi

DEEL I LITERATUURONDERZOEK..... 1

1. Klimaatinstallaties in de utiliteitsbouw 3

 § 1.1 Inleiding 3

 § 1.2 Functie van een klimaatinstallatie in een gebouw 3

 § 1.3 Functionele decompositie van een klimaatinstallatie 5

 § 1.4 Factoren die invloed hebben op de prestaties van klimaatinstallaties 9

 § 1.5 Ontwikkelingen 10

 § 1.6 Levenscyclus klimaatinstallatie 11

 § 1.7 Levensduur kosten 12

2. Thermische comfortprestatie van gebouwen..... 13

 § 2.1 Inleiding..... 13

 § 2.2 Thermisch comfort in gebouwen 14

 § 2.3 Factoren die het thermisch comfort bepalen 15

 § 2.4 Thermisch comfort in getallen uitgedrukt..... 17

 § 2.5 Impact van het thermisch comfort 20

 § 2.6 Invloed van maatregelen op thermisch comfort..... 25

3. Energiegebruik door klimaatinstallaties in utiliteitsgebouwen 27

 § 3.1 Inleiding..... 27

 § 3.2 Energiegebruik..... 28

 § 3.3 Energiebesparende maatregelen..... 29

 § 3.4 Overheidsbeleid..... 30

 § 3.5 Gebouwbehoefteprofiel..... 31

4. Inregelen en optimaliseren van klimaatinstallaties 35

 § 4.1 Inleiding..... 35

 § 4.2 Waterzijdig inregelen 37

 § 4.3 Waterzijdig optimaliseren..... 38

 § 4.4 Luchtzijdig inregelen 40

§ 4.5 Luchtzijdig optimaliseren..... 40

DEEL II SIMULATIEONDERZOEK 45

5. Vooronderzoek simulatieonderzoek..... 47

§ 5.1 Inleiding 47

§ 5.2 Onderzoeksmaatregelen..... 47

§ 5.3 Prognose van het onderzoeksresultaat..... 48

§ 5.4 Invloed van installatietechnische maatregelen 49

6. Gebouwsimulatie 51

§ 6.1 Waarom gebouwsimulatie?..... 51

§ 6.2 Referentiegebouw..... 51

§ 6.3 Simulatiemaatregelen 52

§ 6.4 Het Energie Neutrale Kantoor (h.e.n.k.) 55

§ 6.5 VA 114 gebouwsimulatie 56

7. Simulatieresultaten..... 59

§ 7.1 Algemene toelichting bij de resultaten..... 59

§ 7.2 Invloed op comfortprestatie..... 60

§ 7.3 Invloed op energievraag van het gebouw..... 62

§ 7.4 Invloed op EPC van het gebouw..... 64

§ 7.5 Invloed op aardgas- en elektriciteitsgebruik van het gebouw 66

§ 7.6 Invloed op CO₂- uitstoot van het gebouw 68

DEEL III PRAKTIJKONDERZOEK 71

8. Praktijkcase..... 73

§ 8.1 Projecten Stork WorkSphere..... 73

§ 8.2 Werkwijze 73

§ 8.3 Stooklijnverstelling 74

DEEL IV BEVINDINGEN 75

Bevindingen..... 77

Conclusie 81

Aanbevelingen voor Stork WorkSphere..... 83

Literatuurlijst 85

BIJLAGEN 87

Inleiding

Algemeen

De westerse mens en daarmee de westerse maatschappij is op vele vlakken steeds veeleisender. Ook in de gebouwde omgeving is deze ontwikkeling zichtbaar. Had men eerder genoeg aan eenvoudig onderdak waarin door middel van een vuur een aangename (comfortabele) temperatuur gerealiseerd kon worden; de huidige westerse samenleving stelt zijn comforteisen beduidend hoger. Individuele beïnvloeding van temperatuur en ten alle tijde een aangenaam klimaat zijn gangbare wensen geworden. Hoewel de eisen aan de gebouwde omgeving in de loop van de tijd niet zijn afgenomen, is men wel tot inzicht gekomen dat hier soms een flinke prijs voor betaald moet worden. In de eerste plaats is dat uit te drukken in geld, maar dit heeft ook zijn weerslag op het milieu en hiermee samenhangend de gezondheid van de mens. Vooral in de jaren '60 en '70 kwam men tot dit inzicht en sindsdien heeft men veel nagedacht over het streven naar comfort.

Geconstateerd probleem

De aanleiding voor dit afstudeeronderzoek is echter dat, in tegenstelling tot de wens naar meer comfort en minder energiegebruik, veel gebouwen niet aan deze eisen voldoen. Het geconstateerde probleem is als volgt omschreven:

Vaak presteren gebouwen slecht als het gaat om (thermisch) comfort en energiegebruik, met alle gevolgen van dien.

Dit is onder andere aan het licht gekomen tijdens een serie regiobijeenkomsten van de Nederlandse Technische vereniging voor Installaties in gebouwen (TVVL) waar na een peiling onder de deelnemers (veelal deskundigen uit de bouw - en installatiewereld) vastgesteld werd dat 70% van de klimaatinstallaties problemen heeft en niet optimaal werkt.

Doelstelling van het onderzoek

Het doel van Stork WorkSphere is om bovengenoemd probleem te voorkomen en te verhelpen. De vraag is alleen, hoe? Natuurlijk is binnen Stork WorkSphere de 'know-how' aanwezig om dergelijke problemen aan te pakken, maar er bestond de behoefte om in een onderzoeksrapport kwantitatief vast te leggen welke factoren in een gebouw en de klimaatinstallatie substantieel bepalend zijn voor het comfort en het energiegebruik. Daarom is als hoofddoelstelling gekozen:

Het in getallen uitdrukken (kwantificeren) van de relatie tussen bouwkundige en installatietechnische factoren op het (thermisch) comfort en het energiegebruik.

Daarnaast is er nog een subdoelstelling geformuleerd:

Bewijzen met behulp van simulatie en een. praktijkcase dat thermische comfortverbetering en energiebesparing samen op kunnen gaan.

Tijdens het afstudeeronderzoek heeft geen extra verdieping plaatsgevonden naar het verband tussen comfort en arbeidsproductiviteit. Het doel is echter geweest om duidelijk – met behulp van simulaties en veldonderzoek – aan te tonen in welke mate bepaalde installatietechnische en bouwkundige factoren het comfort en daarmee de arbeidsproductiviteit en het welbevinden beïnvloeden. Er is geprobeerd om dit met cijfers aan te tonen, die bruikbaar zijn in gesprekken met opdrachtgevers en architecten. Het onderzoeksgebied comfort – arbeidsproductiviteit heeft de laatste jaren een aanzienlijke vlucht genomen, zie hiervoor diverse artikelen (Roelofsen, Boerstra, Clements-Croome) in het TVVL- magazine en op Internet. Toch is in deze scriptie een hoofdstuk opgenomen om de relatie tussen comfort en arbeidsproductiviteit te beschrijven, zodat de lezer (lees: gebouwgebruiker etc.) zich bewust kan worden van het belang van hoge comfortprestaties van gebouwen. En dus ook van het belang van een goed ontworpen, maar ook een goed beheer van het gebouw en de installatie. Al deze doelstellingen komen voort uit de gedachte dat Stork WorkSphere constant een verbetering wil van product en dienst aan de klant.

Doelgroep

Naast het vaststellen van de doelstelling, is voor dit rapport ook een doelgroep geselecteerd:

1. gebouwgebruikers
2. verhuurders
3. vastgoedbeleggers
4. architecten
5. bouwkundige advies- en constructiebureaus
6. bouwkundige aannemers
7. installatietechnische ingenieursbureaus
8. installatiebedrijven (technische aannemers)

Deze volgorde is bewust gekozen vanwege het feit dat installatiebedrijven meestal wel overtuigd zijn van het belang van goede comfortprestaties en laag energiegebruik (daarom verkopen zij immers klimaatinstallaties), en daar dus niet van overtuigd hoeven worden. Uiteindelijk gaat het erom dat de gebouwgebruiker zich hier bewust van wordt en dat een goede klimaatinstallatie zichzelf terugverdient. Daarnaast zijn er ook de verhuurders en vastgoedbeleggers, die de installatiekosten vaak als sluitpost gebruiken. Ook naar hen toe is dit rapport van belang om hen te overtuigen van het belang van een goed klimaat in gebouwen; het binnenklimaat is vaak een oorzaak van klagende huurders. De architecten, bouwkundige adviesbureaus en aannemers zijn zich over het algemeen wel bewust van het belang van een goed binnenklimaat, maar ook bij hen zou de installatiewereld zich meer kunnen profileren.

Probleemstelling

Bij een onderzoek hoort een vraag, een probleemstelling. De probleemstelling, die een afgeleide is van de doelstelling, is als volgt geformuleerd:

Wat is de invloed van installatietechnische en bouwkundige factoren op de comfort- en energieprestatie van een gebouw?

Hierin zitten echter nog behoorlijk ongedefinieerde begrippen en abstracties. Naar welke installatietechnische en bouwkundige factoren wordt bijvoorbeeld gekeken, en wat wordt bedoeld met de comfortprestatie van een gebouw? Dit wordt in de scriptie verder toegelicht.

Hypothese

Vermoedelijk is de oorzaak van het slecht presteren van een gebouw vaak het gevolg van een verkeerde keuze van de klimaatinstallatie en zijn instellingen in het gebouw en de daarin gehuisveste interne organisatie. Oftewel: er is tijdens het voortbrengingsproces geen sprake geweest van een integrale aanpak.

De keuze van bouwkundige parameters hebben in hoge mate invloed op het comfortniveau en de energieprestatie van een gebouw. Daarnaast is er de klimaatinstallatie om het klimaat te corrigeren voor zover dat met bouwkundige maatregelen niet is gelukt. De afstemming tussen energievraag en energielevering dient optimaal te zijn, dat kan bereikt worden door de keuze van een goed installatieconcept, maar ook door de juiste instellingen van volumestromen en aanvoertemperaturen. Welke instellingen dat zijn is afhankelijk van het gebouw en de interne organisatie en dienen bij ieder gebouw opnieuw bepaald te worden.

Onderzoek- en scriptieopzet

Tijdens het afstuderen is in de eerste plaats nagedacht over de probleemstelling, maar om tot een goede beantwoording en verslaggeving te komen, is van te voren nagedacht over de manier van onderzoek. Natuurlijk is door middel van literatuuronderzoek veel informatie te krijgen omdat op dit terrein al het nodige onderzoek heeft plaatsgevonden. Daarnaast is uit overwegingen van diepgang en vernieuwing gekozen om ook onderzoek te doen met behulp van computersimulatie. Ter controle is ook veldonderzoek gedaan, waarbij gebruik is gemaakt van meetresultaten van Stork WorkSphere / TNO Bouw.

Deel I: Literatuuronderzoek

De literatuurstudie is onder andere uitgevoerd om de hypothese te onderbouwen. Er is onderzocht wat het probleem is, waarom het een probleem is, wat oorzaken zouden kunnen zijn. Dit is onderbouwd met artikelen en publicaties. Daarnaast is er achtergrondinformatie over de laatste ontwikkelingen gegeven in 4 hoofdstukken, ter verduidelijking van de probleemstelling. Hieronder een overzicht:

H 1: Klimaatinstallaties

H 2: Thermische comfortprestatie in de gebouwen

H 3: Energie- efficiëntie in gebouwen

H 4: Inregelen en optimaliseren van klimaatinstallaties

Deel II: Simulatieonderzoek

Om te onderzoeken of de hypothese aangenomen of verworpen moet worden zijn simulatieonderzoeken gedaan. Er zijn simulaties uitgevoerd met behulp van de gebouwsimulatieprogramma's h.e.n.k. en VA 114 naar invloed van bovengenoemde factoren. Hieruit moeten harde resultaten komen (cijfers en getallen) die de resultaten uit het literatuuronderzoek onderbouwen of verwerpen. Dit deel van de scriptie is in te delen in 3 hoofdstukken:

H 5: Prognoses van de onderzoeksresultaten

H 6: Gebouwsimulatie

H 7: Simulatieresultaten

Deel III: Praktijkonderzoek

Er is praktijkonderzoek uitgevoerd om de simulatieresultaten met een gebouw uit de praktijk te vergelijken.

Hiervoor is een bestaand gebouw geselecteerd, waar de prestaties vermoedelijk slecht waren. Met behulp van een simulatieprogramma is een optimalisatievoorstel gedaan. De maatregelen kunnen genomen worden en de simulatieresultaten en praktijkmetingen met elkaar vergeleken.

H 8: Interpay

Deel IV: Bevindingen

Hierin wordt beschreven wat de bevindingen zijn geweest tijdens het onderzoek.

In figuur 1 is visueel weergegeven hoe de opbouw van de scriptie is.

DEEL I LITERATUURONDERZOEK

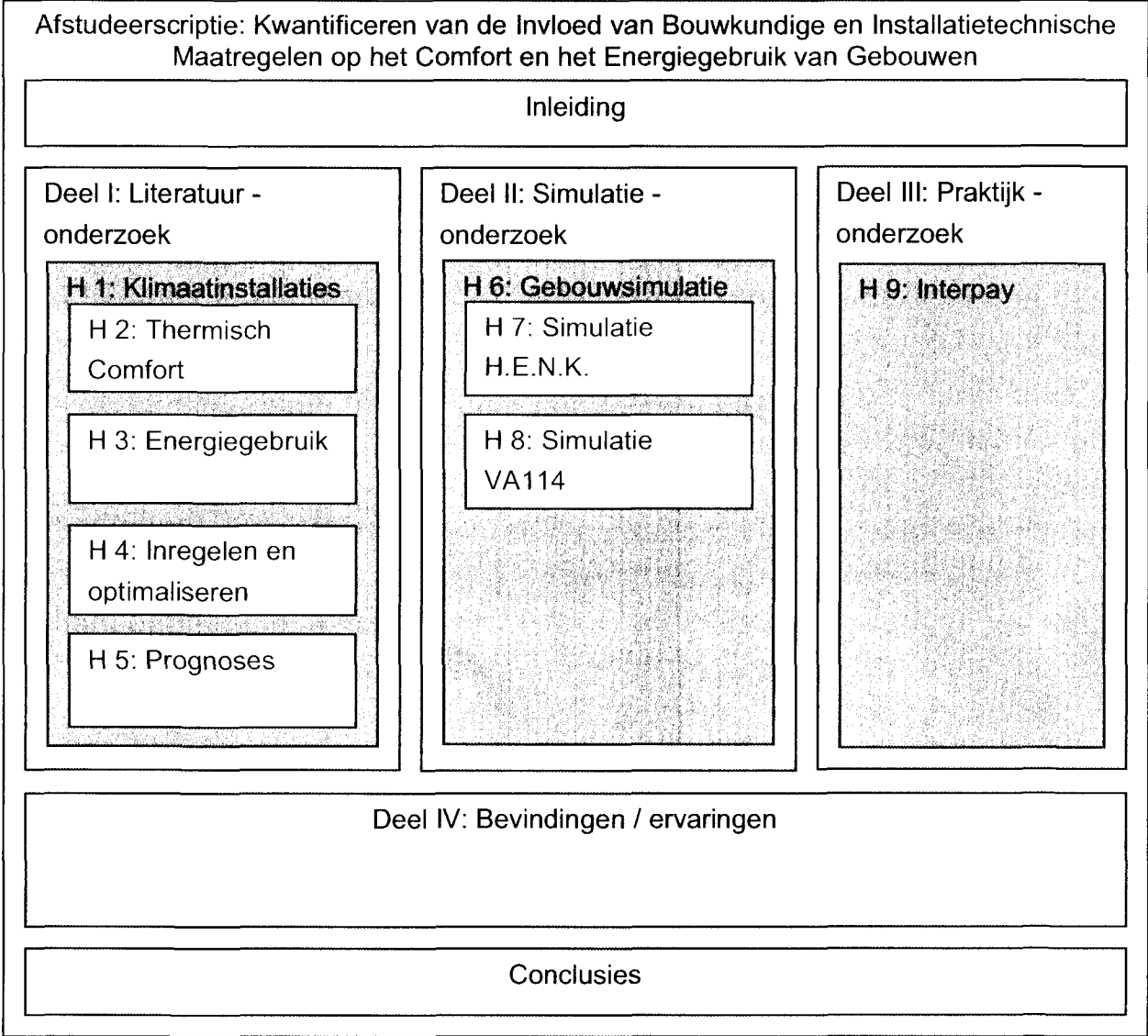


Fig. 1 Visuele weergave scriptieopbouw.

1. Klimaatinstallaties in de utiliteitsbouw

§ 1.1 Inleiding

Algemeen

Een gebouw voorziet ons in de comfortbehoefte. Zonder gebouwen geen comfort. Dit omdat het buiten waait, regent, etc. Een gebouw levert dus bescherming van de buitenomstandigheden. Het gebouw bepaalt grotendeels het uiteindelijke klimaat in de verschillende ruimtes, daarnaast is de klimaatinstallatie aanwezig om het comfort naar de wensen van de gebruikers actief te realiseren.

Context

De probleemstelling geeft aan dat deze studie onder andere de invloed onderzoekt van een klimaatinstallatie op het thermisch comfortniveau en de energieprestatie van het gebouw.

Er is enig onderzoek vereist naar de manier waarop een klimaatinstallatie energie beschikbaar maakt en afgeeft in de ruimte ten behoeve van het klimatiseren van de ruimte om te kunnen beoordelen op welke punten er verbeteringen te behalen zijn. Vandaar dat in deze scriptie eerst ingegaan wordt op klimaatinstallaties. Daarbij zullen aan de orde komen:

- | | |
|---|---------|
| a. Functie van een klimaatinstallatie in een gebouw | (§ 1.2) |
| b. Functionele decompositie van een klimaatinstallatie | (§ 1.3) |
| c. Factoren die invloed hebben op de werking van een klimaatinstallatie | (§ 1.4) |
| d. Ontwikkelingen | (§ 1.5) |
| e. Levenscyclus van een klimaatinstallatie | (§ 1.6) |
| f. Life cycle costs van een klimaatinstallatie | (§ 1.7) |

§ 1.2 Functie van een klimaatinstallatie in een gebouw

Zoals boven gesteld maakt een installatie deel uit van de oplossing voor de behoefte comfort.

Concreet gezegd is de functie van een klimaatinstallatie het realiseren en handhaven van de binnenklimaatcondities zodat het gebouw zijn rol kan vervullen.

Een functie is 'een doel dat iets heeft binnen een geheel' of een 'werking'. Binnen de techniek komt dat er op neer dat een functie iets omschrijft dat in een bepaalde behoefte voorziet (aan de hand van een werkwoord met eventueel een zelfstandig naamwoord). Zo'n functie kan verwezenlijkt worden door een of meer functievervullers (objecten, omschreven met een zelfstandig naamwoord). Wanneer deze functievervuller meerdere functies omvat kan dat ook weer weergegeven worden.

Van de rol of functie van een klimaatinstallatie in een gebouw is in figuur 1.1 een functie-productmodel (of wel: hamburgermodel) weergegeven. In dit model geeft het bovenste halve bolletje een functie weer en het onderste halve bolletje de bijbehorende functievervuller.

Tussen deze bolletjes is er ruimte voor criteria (capaciteiten, snelheden, vermogens, etc.) waaraan de functievervullers moeten voldoen. Op deze manier is goed weer te geven hoe het gebouw en de installatie samen werken aan het uiteindelijk comfort. Ook zijn in het hamburgermodel van boven naar beneden verschillende abstractieniveaus te onderscheiden.

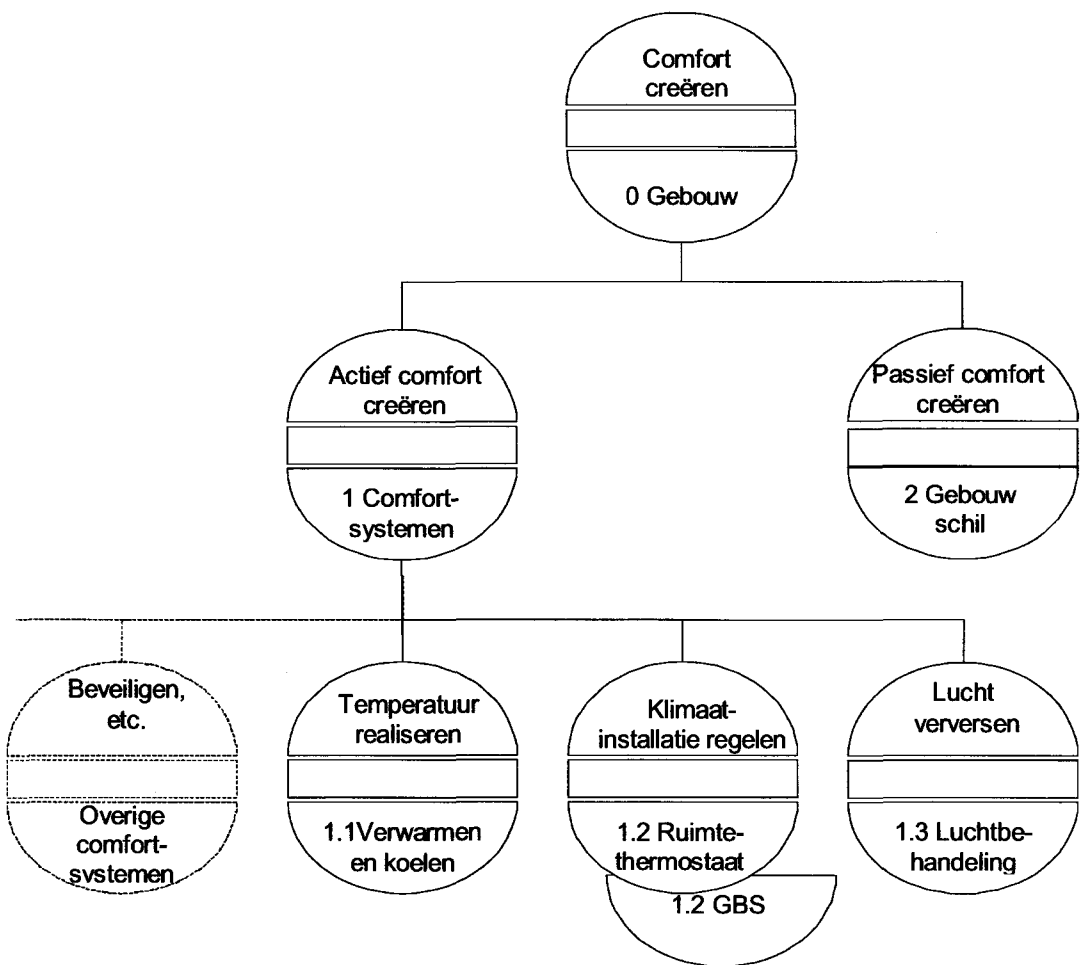


fig. 1.1 Hamburgermodel gebouw

In figuur 1.2 is een ander model van een gebouw weergegeven. Daarin is goed te zien dat het gebouw (de gegeven situatie) samen met de organisatie en het gewenste binnenklimaat de energievraag (warmte en koude) bepaalt. De eigenschappen van het gebouw zijn van invloed op de functionele eisen betreffende de klimaatinstallatie. Helaas liggen deze eigenschappen vaak al grotendeels vast tijdens het ontwerp van de klimaatinstallatie. Als dit niet het geval is kunnen er keuzes gemaakt worden tussen bouwkundige of installatietechnische oplossingen voor bepaalde wensen of eisen aangaande het comfort in een gebouw.

Er zijn verschillende installatietypen die in een energievraag kunnen voorzien. Wanneer het installatietype ook al vaststaat zijn alleen de instellingen (zie hoofdstuk 4) en het functioneren van de componenten bepalend voor het wel of niet functioneren van de klimaatinstallatie.

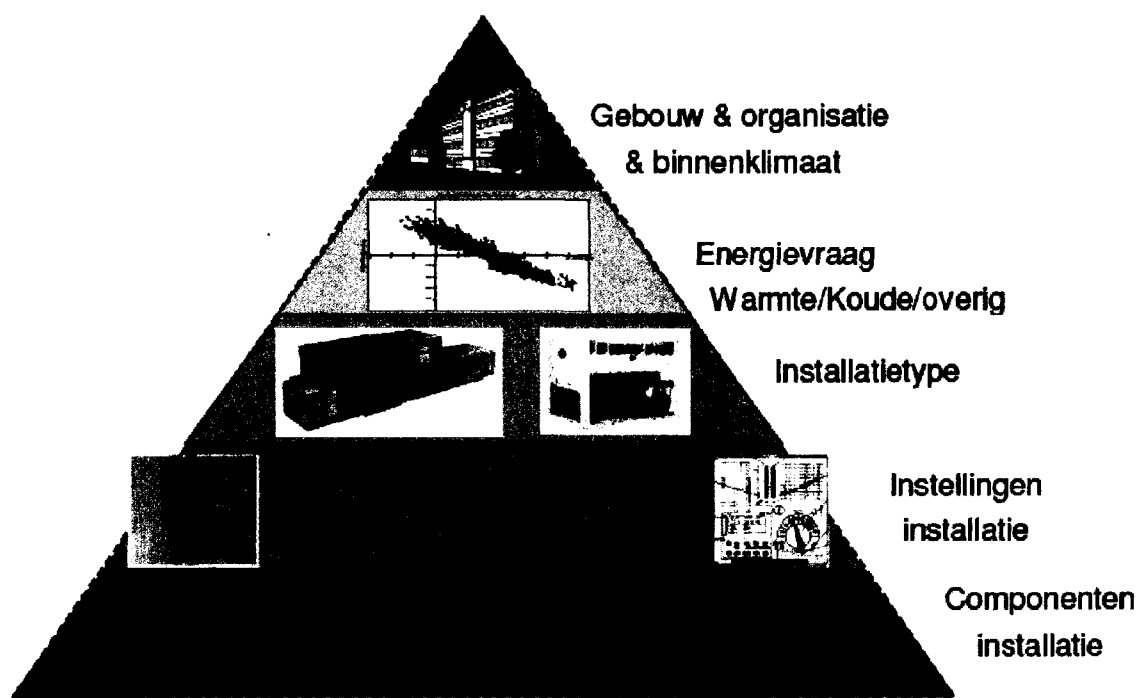


fig. 1.2 Piramideweergave van gebouw en installatie

§ 1.3 Functionele decompositie van een klimaatinstallatie

Model van een klimaatinstallatie

Een klimaatinstallatie is opgebouwd uit een aantal deelfuncties (opwekken, distribueren en afgeven). Dit is weergegeven in figuur 1.3.

Deze **functies** zorgen samen voor een optimaal comfort, mits alle **instellingen** juist zijn. Dit is een heel belangrijk gegeven voor de installatiebranche, want hierdoor is het mogelijk dat een installatie goed ontworpen is, maar toch ver beneden de maat presteert. Het is belangrijk dat een klimaatinstallatie voldoende energie beschikbaar maakt om het hele gebouw van comfort te voorzien.

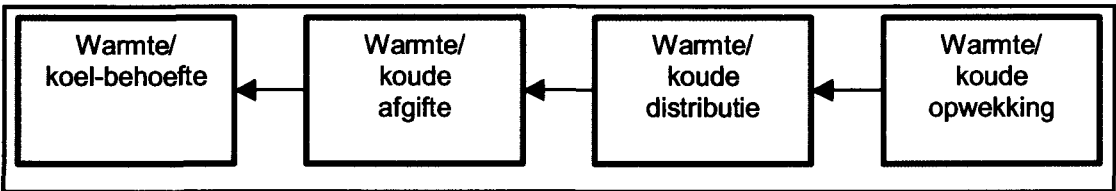


Fig. 1.3 Opbouw klimaatinstallatie

Opwekking

De functie opwekken zorgt ervoor dat de gevraagde energie in de juiste vorm beschikbaar komt. Dit is het omzetten van bijvoorbeeld gas in warmte, of stroom in koude. Dit kan centraal gebeuren (centrale verwarming, etc.). of lokaal (airco, elektrische naverwarmers, etc.).

Distributie

De beschikbaar gemaakte energie wordt middels distributiemedia op de gewenste plaats afgeleverd. Deze energiestromen worden al in de ontwerpfase vastgelegd. Dit dient zeer zorgvuldig te gebeuren, omdat op elk afgifteapparaat naar verhouding de juiste hoeveelheid energie aangeleverd moet krijgen.

Afgifte

De 'opgewekte' en gedistribueerde energie wordt door een afgifteapparaat aan de gebruikers afgegeven. Hierbij kan lokale naregeling plaatsvinden. Dit kan middels straling of convector. De functie afgifte wordt ten dele bepaald door de andere functies (of andersom).

In figuur 1.4 is een veel uitgebreider hamburgermodel van een klimaatinstallatie weergegeven. Hierin is te zien dat er heel veel verschillende soorten installaties in een model weergegeven kunnen worden.

§ 1.4 Factoren die invloed hebben op de prestaties van klimaatinstallaties

Veel factoren hebben invloed op het functioneren van een klimaatinstallatie. Dat zijn onder andere de buitencondities, leidinglengte, etc.

De belangrijkste factoren die invloed hebben op de comfort- en energieprestaties van klimaatinstallaties zijn in figuur 1.5 weergegeven.

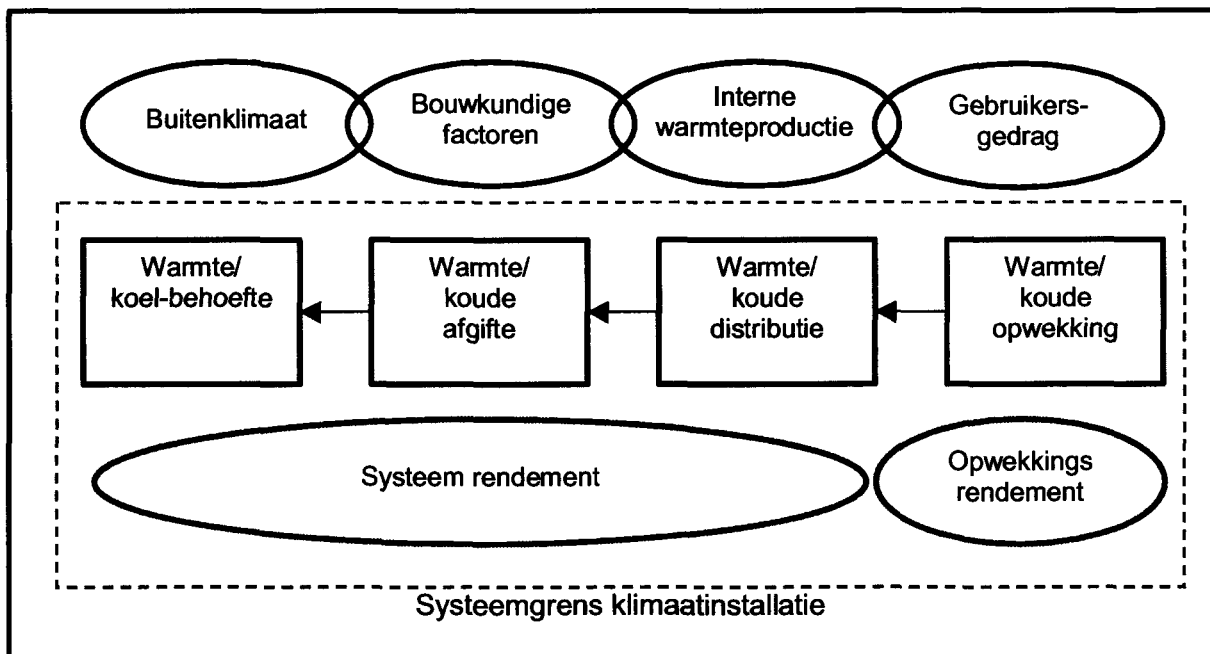


Fig. 1.5 Weergave van factoren die invloed hebben op klimaatinstallaties

Opwekkingsrendement

De opwekking van de warmte en/of koude vindt plaats in de opwekker. Niet alle energie die deze opwekker gebruikt wordt omgezet in warmte en/of koude. Dit komt door verliezen tijdens de omzetting. Zo zal er altijd een gedeelte van de energie verdwijnen via de afvoer van de rookgassen bij een C.V. ketel.

Systeemrendement

Een klimaatinstallatie voorziet dus in een goed comfort mits goed ingesteld. Nu is het zo dat tussen het opwekken en het afgeven van energie (figuur 1.5) nogal eens enige verliezen optreden. Zoals:

- transportverliezen (leidingverliezen)
- energievernietiging (bijvoorbeeld het tegelijkertijd afleveren van koude en warmte aan een ruimte, middels verschillende niet goed op elkaar afgestemde afgiftesystemen)
- leveren van energie op momenten dat het niet nodig is

Wanneer de benodigde energie uiteindelijk op de plaats van bestemming is is het de vraag of daar wel de juiste hoeveelheid energie afgeleverd wordt. Dit gaat over het algemeen wel goed wanneer de ruimtes individueel geregeld worden, maar wanneer er een aantal ruimtes

op een referentieruimte geregeld worden kan het voorkomen dat er teveel energie afgeleverd wordt.

Wanneer de ruimtes individueel geregeld worden kunnen er weer totaal andere problemen aan de orde komen. Vooral wanneer er sprake is van lokale verwarming en koeling, gecombineerd met ventilatieluchtbehandeling.

Het systeemrendement is de verhouding tussen de gebouwbehoefte aan verwarming en de totaal door een klimaatinstallatie geleverde hoeveelheid warmte om in deze behoefte te voorzien. De door de klimaatinstallatie geleverde hoeveelheid warmte wordt omschreven als de systeemlevering [ISSO Researchrapport 11, 1998, p. 13]. Het voorgaande geldt evenzeer voor koeling.

Inregelen en optimaliseren

Zoals boven genoemd is zorgt een klimaatinstallatie voor een optimaal comfort, mits alle instellingen juist zijn. Voor de oplevering worden de volumestromen ingeregeld en de stooklijnen ingesteld. Dit proces wordt in hoofdstuk 4 verder uitgewerkt.

Regeling van de klimaatinstallatie

De meest geperfectioneerde verwarmingsinstallatie werkt enkel efficiënt als ze goed gestuurd wordt. Een centraal energiebeheersysteem laat een intelligente sturing toe met het oog op de behoeften van elke gebruiker en geeft bovendien inzicht in de evolutie van het energiegebruik. Een beperkte individuele regeling op het niveau van de kantoorruimte laat iedereen toe om de verwarming aan zijn eigen comfortgevoel aan te passen.

Ten slotte garandeert een perfecte installatie nog geen zuinige verwarming. Het verwarmingsgedrag van de gebruiker (bijv. stoken met de ramen open) speelt hierbij immers een bepalende rol.

§ 1.5 Ontwikkelingen

De techniek staat niet stil. De gebouwen zijn de laatste decennia nogal veranderd. De warmteweerstand van de gevels en ramen is enorm toegenomen. Anderzijds is ook nog eens de warmteproductie in gebouwen toegenomen. De gevolgen van deze ontwikkeling zijn vooral van energetische aard. Dat zal behandeld worden in hoofdstuk 3.

Installatie & gebouw?!

Een architect maakt een ontwerp om in de behoefte comfort te voorzien. Een ontwerp bestaat grofweg uit een drietal delen: dragende delen, bouwkundige elementen en installatietechnische elementen. Hier doemen nogal wat problemen op. Een architect kan over het algemeen goed overweg met een constructeur omdat zij elkaars taal verstaan, maar architecten hebben te weinig grip op het installatietechnisch deel van de bouw en zijn zeker geen volledige gesprekspartners van de installatieadviseur.

Professor Fons Verheijen ziet in zijn inaugurele rede hiervoor een serie oorzaken. Een daarvan is dat de klimaatadviseur, anders dan de constructeur moeite heeft met de grote mate van abstractie en twijfel in de beginfase van het ontwerpproces.

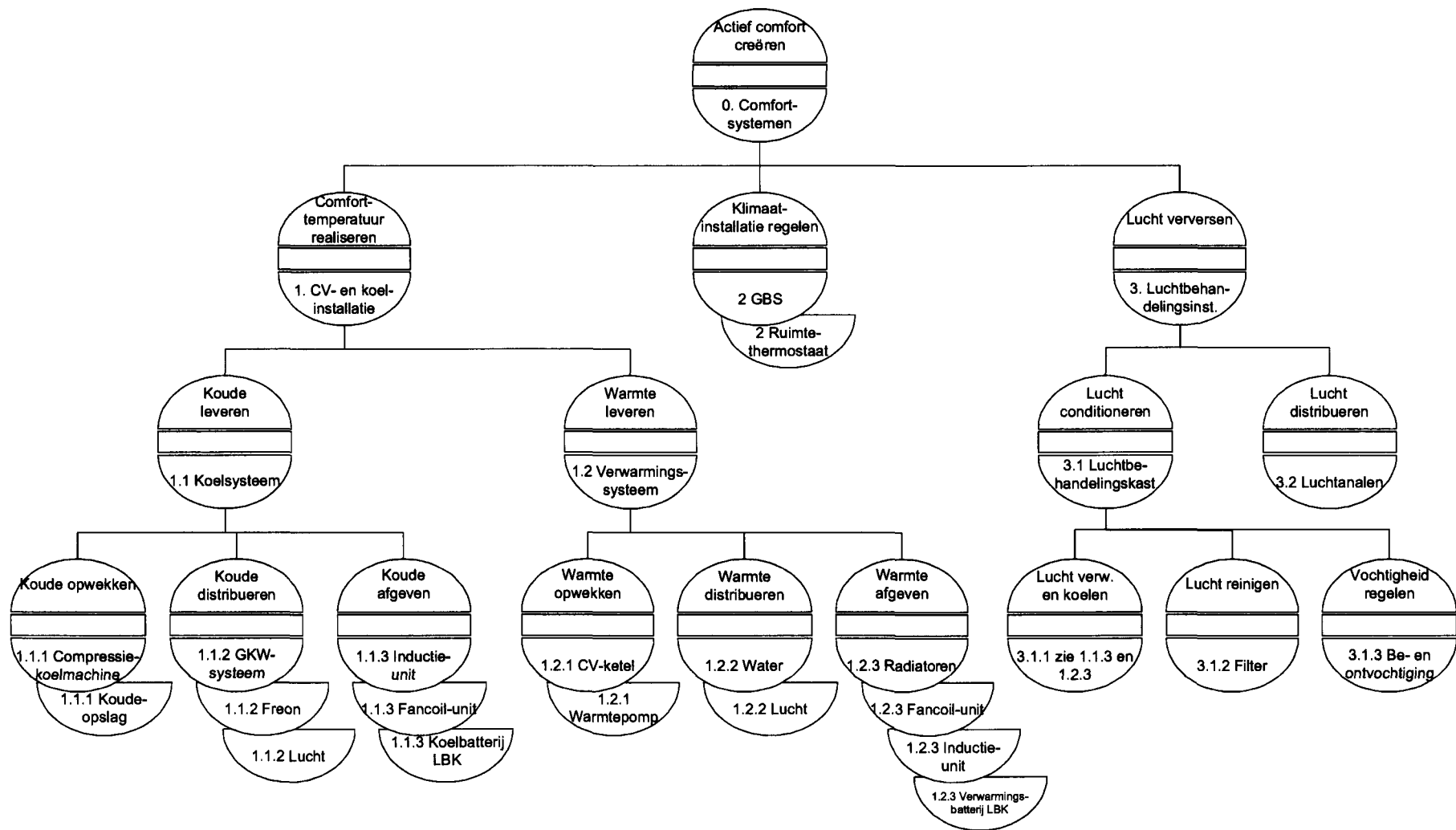


fig. 1.4 Hamburgermodel comfortinstallatie

Er zijn veel adviseurs die het liefst wachten tot het schetsontwerp er is, om dan de installaties te bepalen. Er zijn dan al veel beslissingen genomen.

Even verder stelt Verheijen dat een installatie ontwerpen in een al ontworpen gebouw is niet adequaat. Het gebouwon ontwerp zélf zal maatregelen in zich moeten hebben om te voldoen aan deze nadere eisen.

Dit onderzoek stelt zich ten doel om de invloed van bouwkundige en installatietechnische maatregelen op de comfort- en energieprestaties van een gebouw.

§ 1.6 Levenscyclus klimaatinstallatie

Een klimaatinstallatie heeft een bepaalde levenscyclus. In deze paragraaf komen in het kort de verschillende levenscyclusfasen van een klimaatinstallatie aan de orde. Dit is nodig om een gedegen oordeel te kunnen vellen over de huidige processen binnen de organisatie van Stork WorkSphere en de processen in de bouwwereld.

Levenscyclusfasen

Initiatiefase

In de planfase is er over het algemeen een bouwkundig concept gereed, en wordt de klimaatadviseur gevraagd om een advies. Die stelt uiteindelijk een bestek op dat hij met een verzoek tot prijsopgave bij een aantal installateurs neerlegt. De installateur besteedt bepaalde gedeeltes ook weer uit. Bij de installateurs zit erg veel praktijkervaring die op deze manier niet benut wordt. Het is ook mogelijk dat een adviseur zelf alleen een programma van eisen opstelt en dan het bestek door de installateurs laat schrijven.

Ontwerpfase

Wanneer de installateur de opdracht verwerft, gaat hij de werktekeningen maken. Deze zijn zo gedetailleerd dat een monteur het werk uit kan voeren. Tevens worden de materialen ingekocht en de uitvoeringsplanningen opgesteld.

Realisatiefase

In de realisatiefase wordt het project uitgevoerd. Hierbij komen vrijwel altijd wel problemen naar boven, waarbij terugkoppeling naar eerdere fases belangrijk is.

Nadat de klimaatinstallatie fysiek is gemonteerd wordt zij ingeregeld (hoofdstuk 4).

Aan het eind van de realisatiefase wordt het project opgeleverd.

Tijdens zo'n oplevering moet het eindproduct geverifieerd worden aan het eerder opgesteld programma van eisen. De installateur dient op zijn prestaties afgerekend te worden.

Onderhoud en klein nieuwbouw

Onderhoud en klein nieuwbouw treden op tijdens het gebruik. Dit zijn belangrijke momenten in het leven van een klimaatinstallatie.

Het onderhoud omdat het de installatie op peil moet houden. Dit betekent vooral het vervangen van (bijna) versleten onderdelen. Van klein nieuwbouw is daarentegen sprake bij (kleine) wijzigingen in de installatie die veroorzaakt worden door of uitbreidingen of herinrichting van een gebouw. Deze wijzigingen worden veelal doorgevoerd zonder de invloed hiervan op de gehele installatie te onderzoeken. Veel comfortklachten ontstaan in de loop van de tijd door deze manier van werken.

Revitalisatie en / of sloop

Wanneer een klimaatinstallatie het eind van zijn levensduur nadert kunnen bepaalde onderdelen weer opnieuw gebruikt worden. Slijtagedelen worden dan vervangen. Ook hierbij is het van belang dat er weer kritisch naar de werking van de installatie gekeken wordt.

§ 1.7 Levensduur kosten

De vraag waar het in deze paragraaf om draait is: welke kostenposten komen voor tijdens de levenscyclus van een klimaatinstallatie?

Bij de ontwerpkeuzes van een klimaatinstallatie is het niet alleen van belang om de investeringskosten af te wegen (wat wel gangbaar is), maar er dient ook gelet te worden op de andere kosten tijdens de levenscyclus. Deze zijn:

- afschrijvingen
- onderhoudskosten
- energiekosten

De afschrijvingen zijn direct gelieerd aan de investeringskosten (er vanuit gaande dat de investering gefinancierd wordt met een lening). Volgens de annuïteitenmethode is de volgende formule daarop van toepassing:

$$A = \frac{I}{N} \quad (\text{€/jr}) \quad (1.1)$$

met

$$N = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad (\text{jr}) \quad (1.2)$$

waarin:

n : economische levensduur (jr)

i : interest

De onderhoudskosten zijn vooraf moeilijk te bepalen. Wel worden ze voor een groot deel tijdens het ontwerp bepaald door de keuzes die dan gemaakt worden. De beste voorspellingen zijn te doen op basis van ervaring.

Het energieverbruik daarentegen is goed te simuleren.

Al deze kostenposten worden grotendeels tijdens het ontwerp bepaald. Het resterende deel wordt bepaald door het gebruikersgedrag. Het energiegebruik is een van de beide bouwprestaties die in dit onderzoek bestudeerd worden. Vandaar dat consequenties van energiegebruik hier aan de orde komen.

Helaas komen de onderhoudskosten en energiekosten vaak niet direct voor rekening van degenen die de investeringen of afschrijvingen moeten financieren. De commerciële investeerder streeft doorgaans naar minimalisatie van de investeringskosten, terwijl de huurder van commercieel vastgoed streeft naar minimalisatie van de jaarlijkse exploitatielasten.

2. Thermische comfortprestatie van gebouwen.

§ 2.1 Inleiding.

Algemeen

‘Gebouwen presteren beter met Stork WorkSphere’ luidde voorheen het slogan van Stork WorkSphere. Hierbij kan de volgende vraag gesteld worden: welke prestaties moet een gebouw eigenlijk leveren? Of anders: welke eisen worden er gesteld aan een gebouw? Hierbij is een functionele benadering van een gebouw en de installatie van groot belang. Bij een functionele benadering gaat het erom dat er constant in de gaten gehouden wordt wat het uiteindelijke doel van het gebouw en de installatie is.

Eén van de hoofddoelen van een gebouw is in ieder geval het realiseren van die omgeving (binnenmilieu) waarin men zich prettig voelt. Die omgeving omvat visuele aspecten en voelbare aspecten, waar het in dit hoofdstuk om draait. Een belangrijke factor in de voelbare aspecten is de temperatuur, die de thermische comfortprestatie van het gebouw bepaald. In dit hoofdstuk wordt de stand van het onderzoek weergegeven op het gebied van thermisch comfort in gebouwen.

Er zal in zijn algemeenheid ingegaan worden op comfortprestaties van gebouwen waarbij een toespitsing wordt gemaakt naar de thermische comfortprestatie.

Context

Vanuit de context die in de inleiding van de scriptie is geschetst, het streven naar méér comfort in gebouwen, zal in dit hoofdstuk ingegaan worden op een aantal deelvragen die betrekking hebben op thermisch comfort in de gebouwde omgeving. Voor een goede beantwoording van de geformuleerde probleemstelling is het belangrijk om (nogmaals) op te merken dat thermisch comfort als een belangrijk onderdeel gezien wordt van de totale prestatie van het gebouw, wat in de volgende paragraaf onderbouwd zal worden. Het is immers zinloos om de mate van beïnvloeding van installaties en gebouwen op de gebouwprestaties te onderzoeken zonder dat het duidelijk is waarom bepaalde prestaties geleverd moeten worden.

De volgende onderwerpen komen in dit hoofdstuk aan de orde:

- | | |
|---|---------|
| a. Thermisch comfort in gebouwen | (§ 2.2) |
| b. Factoren die het thermisch comfort bepalen | (§ 2.3) |
| c. Thermisch comfort in getallen uitgedrukt | (§ 2.4) |
| d. Impact van het thermisch comfort | (§ 2.5) |
| e. Invloed van maatregelen op thermisch comfort | (§ 2.6) |

§ 2.2 Thermisch comfort in gebouwen

Definitie van comfort

Deze vraag bevat het belangrijke en brede begrip waar het in dit hoofdstuk om draait: comfort. Om tot een goede beantwoording van de eerste deelvraag te komen zal een analyse gemaakt worden van wat nu precies met het algemene begrip comfort wordt bedoeld. Van Dale geeft als betekenis van comfort: gemak. Bij het woord gemak worden drie verklaringen gegeven:

1. toestand waarin men zonder onrust, vrees of verlegenheid is.
2. het vermogen om iets zonder inspanning en moeite te verrichten.
3. iets dat van dienst kan zijn om iemand inspanning en moeite te besparen.

In de eerste plaats moet er dus sprake zijn van een beschermde, veilige omgeving als men comfort wil beleven. Ten tweede moet er een situatie gecreëerd worden waarbij men iets kan doen zonder dat daarbij (veel) inspanning en moeite mee gepaard gaat. Als laatste wordt comfort beschouwd als iets dat iemand inspanning en moeite kan besparen.

Toepassing naar comfort in gebouwen

De toepassing van comfort in de gebouwde omgeving kan nu beter worden gemaakt. Als de letterlijke betekenissen van comfort bekeken worden, dan zijn de drie gegeven verklaringen allemaal toepasbaar in de gebouwde omgeving. Allereerst moet een gebouw een omgeving bieden waarbij de mensen in dat gebouw beschermd worden voor (weer)invloeden van buiten. Men moet in staat zijn om zonder onrust in het gebouw te kunnen werken en leven. De tweede definitie is minder van toepassing op de gebouwde omgeving als er sprake is van een werkomgeving; het doel is niet om in die omgeving een omgeving te creëren waarbij men geen inspanning of moeite verricht hoeft te worden, integendeel. De laatste definitie sluit het beste aan bij de comfortfunctie die het gebouw moet vervullen: het comfort in een gebouw moet iets zijn dat iemand inspanning en moeite kan besparen. Hiermee is het doel van comfort in de gebouwde omgeving gedefinieerd.

Toepassing naar thermisch comfort in gebouwen

Comfort is een breed begrip, comfort *in gebouwen* is al verder afgebakend, maar het wordt nog smaller als gesproken wordt over *thermisch comfort in gebouwen*.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) standard 55 geeft de volgende definitie van thermisch comfort: "Thermal comfort is the condition of mind that expresses satisfaction with the thermal environment".

Ofwel: de gemoedstoestand die tevredenheid met de thermische omgeving uitdrukt. Naast deze definitiebenadering kan de onderzoeksvraag ook op een andere manier geïnterpreteerd worden. Bijvoorbeeld, welke factoren bepalen het binnenmilieu in de gebouwde omgeving en bij welke omstandigheden is er sprake van een goed binnenmilieu? Zijn er overigens wel omstandigheden te creëren waarbij iedereen het binnenmilieu als comfortabel ervaart? In de volgende paragrafen zal hierop ingegaan worden.

§ 2.3 Factoren die het thermisch comfort bepalen

Primaire factoren

In de vorige paragraaf is al gesproken over binnentemperatuur, de temperatuur in een gebouw of ruimte. Zonder dat het verder aangegeven is, wordt hiermee de operationele temperatuur bedoeld. Dit is de gemiddelde temperatuur van de lucht (droge bol)- en de stralingstemperatuur, gewogen door de warmteoverdracht-coëfficiënten.

Formule van de operationele temperatuur is als volgt gedefinieerd:

$$\theta_o = \frac{h_s \cdot \theta_s + h_l \cdot \theta_l}{h_s + h_l}$$

Waarin:

θ_o = de operationele temperatuur [°C]

θ_s = de stralingstemperatuur [°C]

θ_l = de luchttemperatuur [°C]

h_s = de warmte- overdrachtscoëfficiënt voor straling van de mens [W/(m².K)]

h_l = de warmte- overdrachtscoëfficiënt voor convectie van de mens [W/(m².K)]

Dit zijn echter maar twee van de zes factoren die het totale thermisch comfort bepalen, daarom wordt in deze paragraaf een uiteenzetting gemaakt van alle factoren die hier invloed op hebben. Er is onderscheid gemaakt tussen primaire factoren en secundaire factoren. De zes primaire factoren zijn, naast de droge bol temperatuur [°C] en stralingstemperatuur [°C], relatieve vochtigheid [%], luchtsnelheid in een ruimte [m/s], kleding [clo- waarde], en metabolisme [met].

Naarmate de relatieve vochtigheid (RV) toeneemt, kan de vochtige lucht meer en sneller warmte opnemen. Dit komt door het verschil in soortelijke warmte van water (4,2 kJ/kg.K) en lucht (1 kJ/kg.K) en daardoor koelt het lichaam sneller af als de omgeving kouder is. De luchtsnelheid heeft hetzelfde effect op het lichaam als de flow door een warmtewisselaar. Wanneer er meer massa van een vloeistof of gas er doorheen stroomt, is er meer warmteoverdracht per tijdseenheid. Als er teveel lucht langs het lichaam stroomt, dus de luchtsnelheid is te hoog, dan heeft het lichaam de mogelijkheid om meer warmte af te staan, waardoor koudeklachten kunnen ontstaan. Kleding heeft hetzelfde effect als isolatie bij een gebouw: het zorgt voor stilstaande lucht rondom het lichaam waardoor de afkoeling wordt geremd. Het metabolisme tenslotte zorgt ervoor dat de energie in de vorm van chemisch verbindingen wordt omgezet in warmte, waardoor het lichaam zichzelf van een hoeveelheid warmte voorziet.

Secundaire factoren

Naast de primaire factoren wordt in de literatuur ook van secundaire factoren gesproken die invloed op het thermisch milieu hebben. Hierbij moet gedacht worden aan de invloed van het geslacht (vrouwen hebben het vaak sneller koud), leeftijd, acceptatievermogen, het seizoen

(’s zomers accepteert men hogere binnentemperaturen dan ’s winters), het dagdeel en ongelijkheden in het binnenmilieu. Ongelijkheden zijn grote verschillen in temperatuur die veroorzaakt worden door bijvoorbeeld koude ramen en warme binnenmuren, ofwel: stralingsasymmetrie. Ook het verschil in luchttemperatuur op lage en hoge plaatsen (de verticale temperatuurgradiënt) in de ruimte mag niet te groot zijn. Zie voor een totaaloverzicht van alle factoren figuur 2.1.

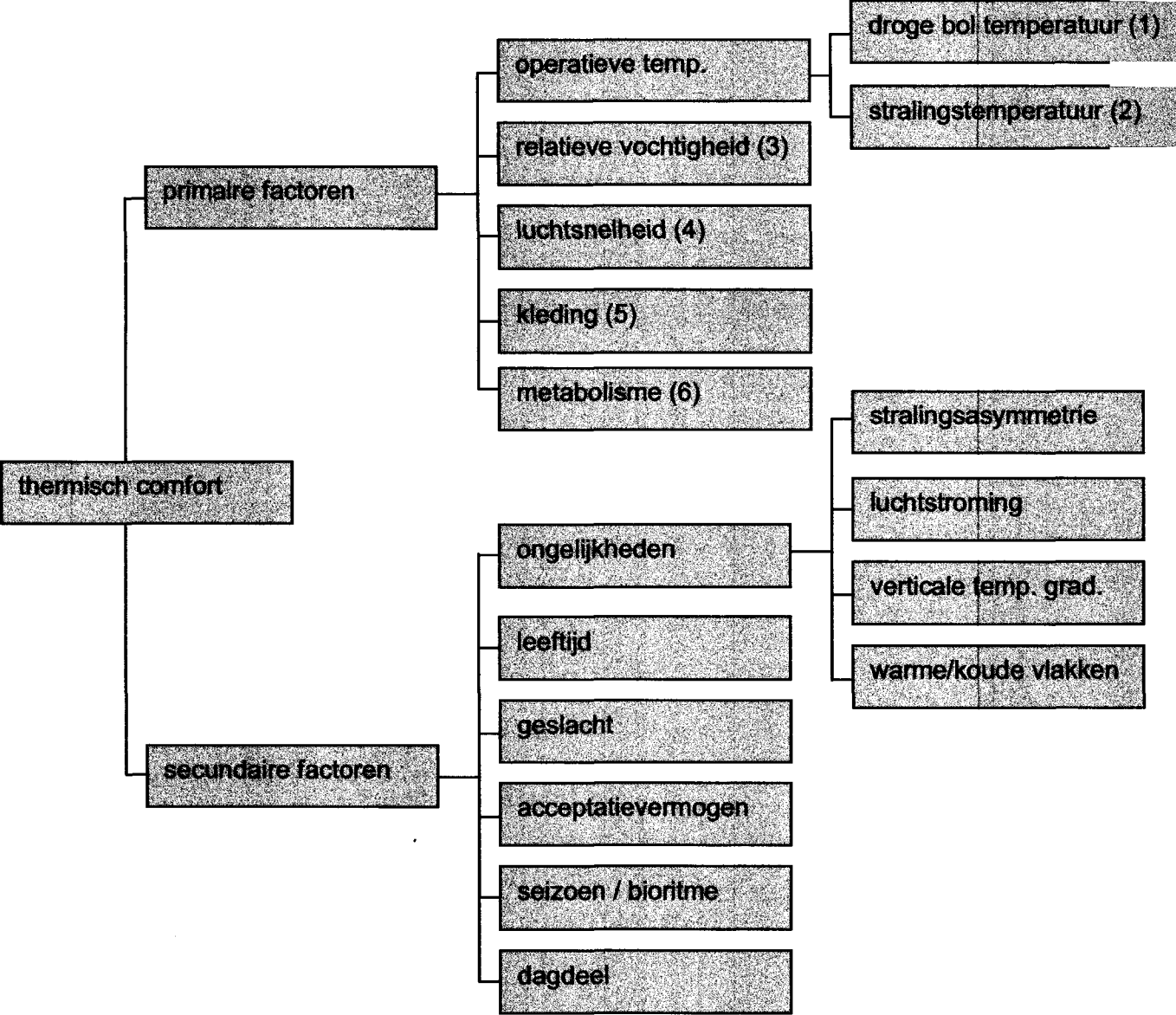


Fig. 2.1 Schematische weergave van factoren die het thermisch comfort beïnvloeden.

§ 2.4 Thermisch comfort in getallen uitgedrukt

In deze paragraaf zijn de factoren die het thermisch comfort bepalen uitgedrukt in een getal, die volgens de internationale norm NEN-EN-ISO 7730 gelden. Hierbij zijn een aantal uitgangspunten genomen met betrekking tot de primaire factoren.

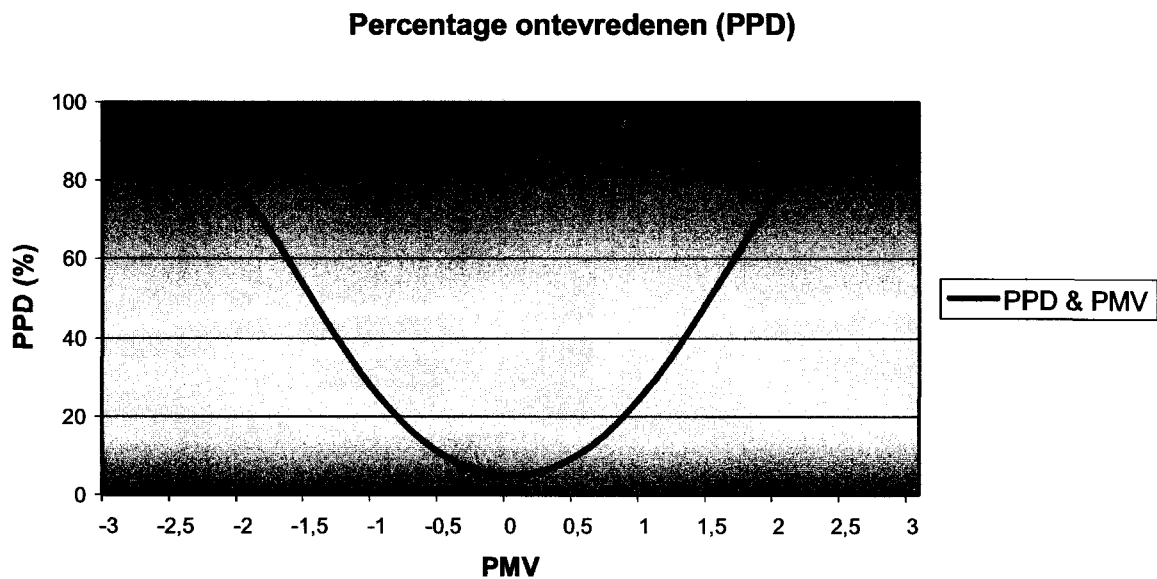
- De kleding 's zomers heeft een clo-waarde van 0,7 en 's winters van 1,2.
- Het metabolisme is vastgesteld op 1,2 met.

		Zomer	Winter
Primaire factoren	Operatieve temperatuur	23-26 °C	20-24 °C
	Relatieve vochtigheid	Min 30 % max. 65 %	
	Luchtsnelheid	0,25 m/s	0,15 m/s
Secundaire factoren	Verticale temperatuurgradiënt	max. 3 °C	
	Stralingsasymmetrie	max. 10 °C	

Tabel 2.1

Bij tabel 2.1 dient in acht genomen te worden dat recente onderzoeken erop wijzen dat de relatieve vochtigheid van de lucht kleiner kan zijn dan 30% zonder het welbevinden te schaden. Verschijnselen die vaak gerelateerd worden aan een lage luchtvochtigheid (zoals geïrriteerde ogen, droge mond / keel) worden veelal veroorzaakt door vervuiling van de lucht.

De persoon die zo'n 30 jaar geleden de basis heeft gelegd voor thermische behaaglijkheid in gebouwen is de Deen P.O. Fanger. Hij introduceerde onder andere de begrippen Predicted Mean Vote (PMV) en Predicted Percentage of Dissatisfiers (PPD). De PMV voorspelt de gemiddelde thermische sensatie voorspelt van een grote groep mensen die een thermische omgeving ervaard, gespecificeerd door gemiddelde lucht- en stralingstemperatuur, gemiddelde luchtsnelheid, vochtigheid, thermische isolatie van kleding en metabolisme. Aan de hand van de PMV kan het PPD voorspelt worden met behulp van onderstaande grafiek.



Grafiek 2.1 Relatie tussen PMV en PPD.

Volgens de richtlijnen van de Rijksgebouwendienst (RGD) die gebaseerd zijn op NEN-EN-ISO 7730 moet gestreefd worden naar een $-0,5 \leq PMV \leq +0,5$, waarbij het PPD maximaal 10 % is. De richtlijn staat echter per jaar een maximaal aantal gewogen temperatuur overschrijding (GTO) uren toe, nl. 150 per jaar. Eén uur met een PMV van 0,8 (PPD ca. 20%) weegt even zwaar als twee uur met een PMV van 0,5 (PPD ca. 10 %).

De laatste ontwikkeling op het gebied van thermische behaaglijkheid is beschreven in de onlangs verschenen ISSO- publicatie 74. Het betreft de zogenaamde Adaptieve Temperatuur Grenswaarde (ATG) methode, die nieuwe richtlijnen zijn voor het thermisch binnenklimaat in met name kantoren. Deze richtlijnen houden rekening met nieuwe inzichten met betrekking tot adaptatie. De achterliggende gedachte hiervoor is: als er een verandering optreedt die thermische behaaglijkheid veroorzaakt, reageren mensen op zo'n wijze dat hun thermische behaaglijkheid wordt hersteld.

Thermisch comfort of thermische behaaglijkheid kan worden weergegeven door middel van een schaal van thermische sensatie. Thermische sensatie wordt gedefinieerd als een bewust gevoel uitgedrukt in 7 categorieën, zoals weergegeven in de tabel:

-3	KOUD
-2	KOEL
-1	BEETJE KOEL
0	NEUTRAAL
1	BEETJE WARM
2	WARM
3	HEET

Tabel 2.2.

Het weergeven van de thermische sensatie wil nog niet zeggen dat men ook tevreden is. Iemand's optimale thermisch comfort hoeft niet overeen te komen met 0, neutraal. Het kan goed zijn dat iemand tevreden is bij een thermische sensatie van -1 of $+1$. Omdat de sensatie, maar ook de tevredenheid afhangt van het individu, zal er in een gebouw nooit 100% tevredenheid gerealiseerd kunnen worden.

§ 2.5 Impact van het thermisch comfort

Niet alleen thermisch comfort

Vanzelfsprekend is de temperatuur van het binnenmilieu niet de enige factor die het comfort in het gebouw bepaald. Mensen hechten bijvoorbeeld veel belang aan de visuele omgeving waarin zij werken. Men vindt het nog steeds belangrijk(er) dat het gebouw waarin zij werken er mooi uitziet; dit is bevestigd door diverse personen (installatieadviseur, architect) die actief zijn in de bouwbranche. Ook de akoestische prestatie van een gebouw of ruimte speelt een rol in de comfortbeleving. Geluiden die veroorzaakt worden in de omgeving van het gebouw of binnen het gebouw kunnen een remmende factor zijn in het functioneren van mensen. De luchtkwaliteit is ook een bepalende factor voor het binnenmilieu. Bij slechte luchtkwaliteit kan gedacht worden aan (te) hoge concentraties CO, NO₂, SO₂, O₃ en fijn stof. Naast het totale binnenmilieu zijn er nog een zestal factoren die het welbevinden in gebouwen van mensen beïnvloeden. Hierop zal echter niet ingegaan worden in deze scriptie. Deze paragraaf is bedoeld om aan te geven welke plaats het thermisch comfort inneemt in het totale binnenmilieu, en welke plaats het binnenmilieu inneemt in het totale comfort in gebouwen. Dit is schematisch weergegeven in fig. 2.2.

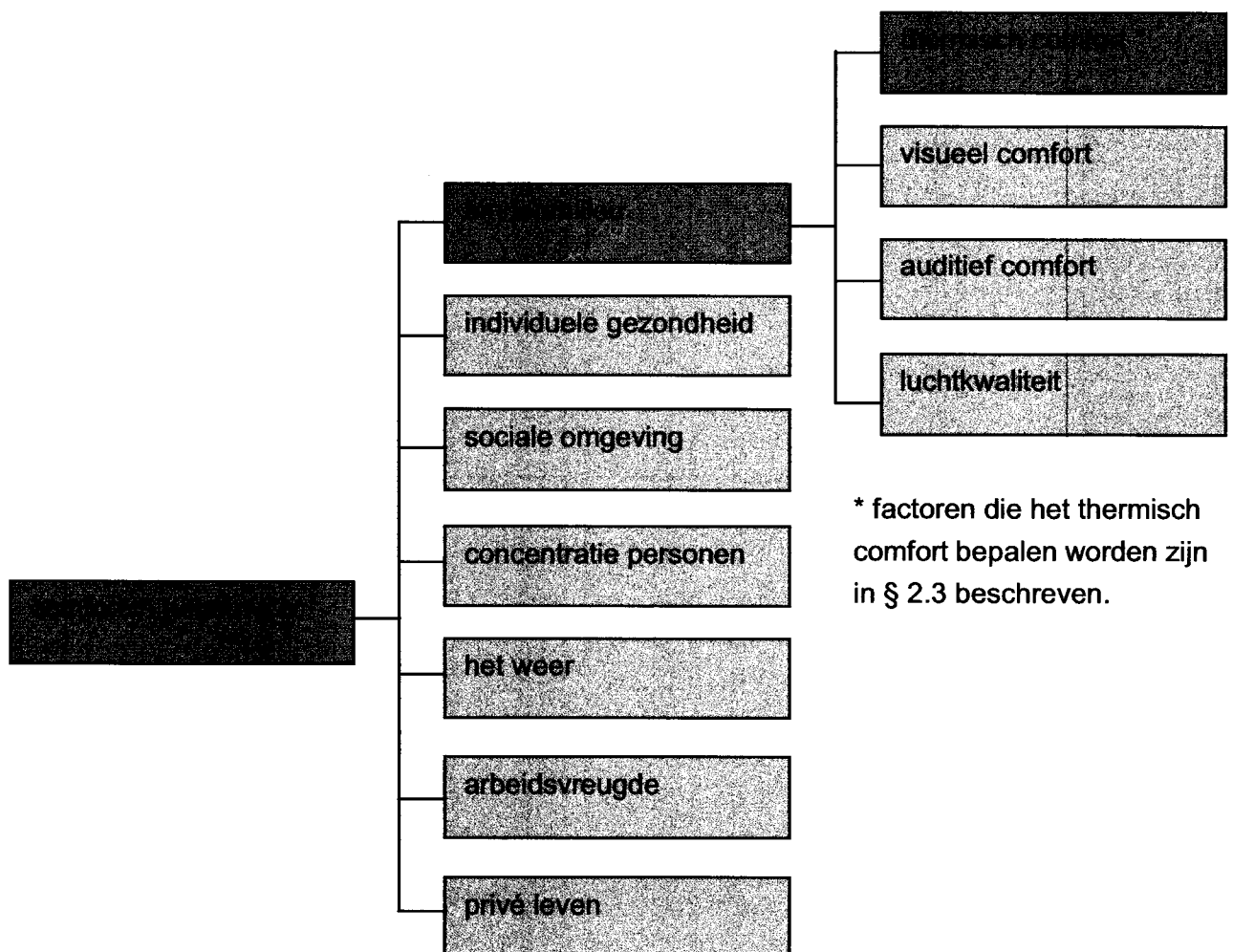


Fig. 2.2 De plaats van het thermisch comfort binnen het totale overzicht van factoren die het comfort in gebouwen beïnvloeden.

Invloed van diverse factoren

De centrale vraag impliceert dat comfort in een gebouw belangrijk is. Er zou immers geen onderzoek nodig zijn naar een relatie tussen 2 factoren (de klimaatinstallatie en het thermisch comfortniveau) als het er eigenlijk niet toe doet wat er met een bepaalde factor gebeurt als de ander verandert. In deze paragraaf wordt aangetoond waarom comfort in een gebouw belangrijk is. Er zal ingegaan worden op 4 aspecten die beïnvloed zouden kunnen worden door het thermisch behaaglijkheid:

1. gezondheid
2. ongevallen
3. ziekteverzuim
4. productiviteit

Invloed op gezondheid

Het bouwbesluit is het wettelijk kader waarin technische voorschriften staan waaraan minimaal voldaan moet worden voor o.a.:

1. sterkte van de bouwconstructie
2. eisen i.v.m. brand
3. bescherming tegen geluid
4. **wering van tocht**
5. sanitaire voorzieningen
6. **luchtverversing / luchtkwaliteit**
7. bodemafdichting
8. drinkwater / warmwater
9. daglicht
10. **thermische isolatie / energieprestatie**

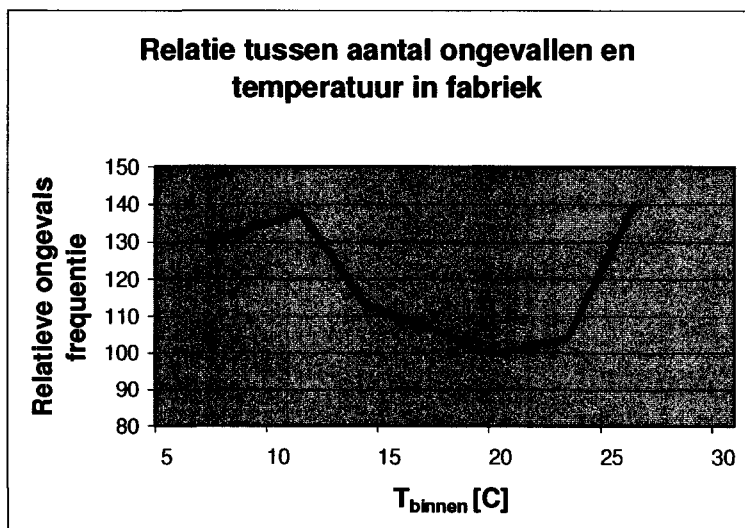
Een tiental eisen die gelden ten aanzien van gezondheid en veiligheid van de mens waar gekeken is naar de volle breedte van het gebouw. Wanneer gekeken wordt naar de raakvlakken van deze punten met het binnenmilieu en de klimaatinstallatie, blijken vooral de punten 4, 6 en 10 een rol te spelen. De klimaatinstallatie levert een bijdrage aan de wering van tocht, luchtverversing, luchtkwaliteit en energieprestatie in gebouwen.

Een uitgangspunt voor gezondheid in gebouwen is dat het binnenmilieu de gezondheid niet negatief mag beïnvloeden. Om dit misschien abstracte uitgangspunt voor de bouw- en installatiewereld concreet te maken, is in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) een rapport geschreven: 'gezondheidskundige advieswaarden binnenmilieu'. Dit rapport kan gebruikt worden om de kwaliteit van het binnenmilieu te beoordelen. In het rapport zijn gezondheidskundige advieswaarden beschreven van chemische en biologische agentia en fysische factoren. Deze gezondheidskundige advieswaarden zijn gedefinieerd als Maximaal Toelaatbare Risico's (MTR) die bepaalde stoffen met zich meebrengen.

Binnen de fysische factoren valt onder andere de temperatuur van het binnenmilieu. Het bouwbesluit geeft voor de temperatuur in een gebouw geen specifieke eisen. Tijdens het RIVM onderzoek voor advieswaarden heeft men studies bekeken waarin epidemiologisch onderzoek gedaan was naar het effect van de buitentemperatuur op de gezondheid van de mens. Deze resultaten kunnen echter niet rechtstreeks vertaald worden naar advieswaarden voor het binnenmilieu. Een gezondheidkundige advieswaarde is daarom niet vastgesteld. Aan de hand van de huidige inzichten kan geconcludeerd worden de temperatuur in een gebouw de gezondheid niet direct negatief beïnvloed, dus in dit opzicht is het thermisch binnenmilieu weinig van belang.

Invloed op ongevallen

Er bestaat een bewezen verband tussen het aantal ongevallen in een fabriek en de heersende temperatuur die in de fabriek. Er is geen informatie gevonden over hoe een ongeval is gedefinieerd. In figuur 2.2 is te zien dat het aantal ongevallen bij 20 °C binnentemperatuur het laagst ligt, en dat het vanaf 23 °C sterk stijgt. Het aantal ongevallen bij 20 °C is in de grafiek op 100 gesteld. Staat de relatieve ongevals frequentie op 140 (bij 26 °C), dan betekend dat er 40 % meer ongevallen plaatsvinden t.o.v. 20 °C. Over absolute getallen is eveneens niets bekend.



Grafiek 2.2 De relatie tussen het aantal ongevallen en de temperatuur in een fabriek.

Invloed op ziekteverzuim

Het effect van de het binnenmilieu, en specifiek de binnentemperatuur op ziekteverzuim is ook een onderwerp dat de laatste jaren meer onderzocht is. Het is erg belangrijk om deze relatie te onderzoeken, zodat het voor werkgevers duidelijk wordt of het eventueel zinvol is om in een klimaatinstallatie te investeren om het ziekteverzuim te laten afnemen. In een onderzoek dat is uitgevoerd door Boerstra Binnenmilieu Advies (BBA) wordt een schatting gedaan voor de afname van het ziekteverzuim als er sprake is van een goed binnenmilieu. Er is een afname van 1,5-2,5 %-punt geschat als het totale binnenmilieu goed is. Uit

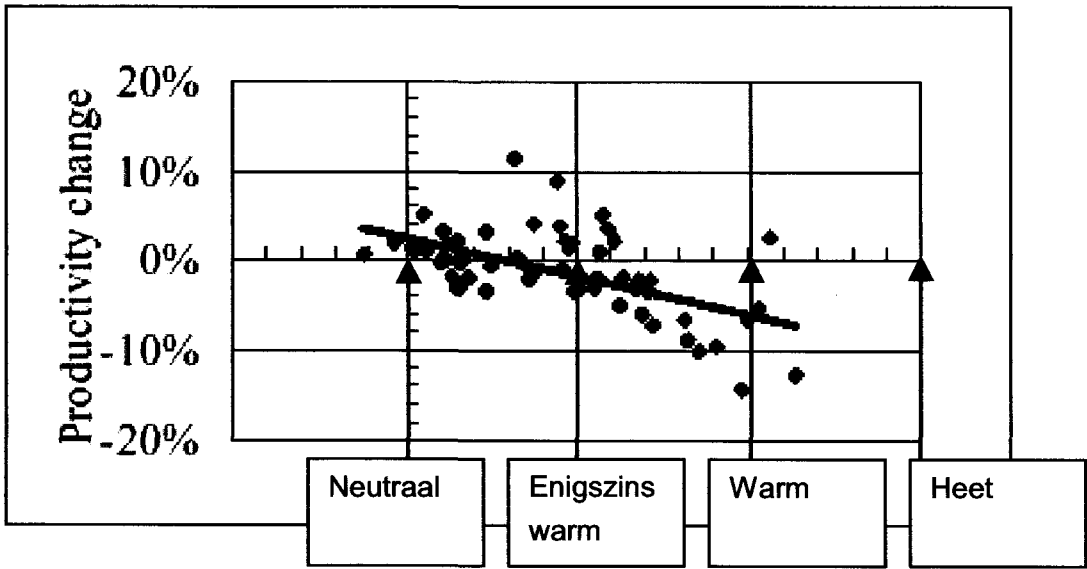
onderzoek naar de kwaliteit van de fysiek werkomgeving (binnenmilieu) in 61 Nederlandse kantoorgebouwen (ruim 7000 respondenten) blijkt tevens dat de ondervraagde werknemers gemiddeld 2,5 dagen per jaar verzuimen als gevolg van klachten met betrekking tot de fysieke werkomgeving. Het totale gemiddelde ziekteverzuim is 10 dagen per jaar, de invloed van de fysieke werkomgeving op het totale ziekteverzuim is dus voor een kwart bepalend.

Invloed op productiviteit

In de jaren '20 en '30 is men begonnen met het onderzoeken van de invloed van de (werk)omgeving op de productiviteit en het ziekteverzuim van een mens. Pas eind jaren 80 is men intensiever onderzoek gaan doen waar vooral gebruik gemaakt werd van schattingen van het personeel. Vanaf ca. 1995 zijn er objectieve metingen verricht, zoals het tellen van aanslagen per minuut bij typwerk, waarbij de eerste echt harde cijfers op tafel kwamen. In 2001 is een onderzoek van C.P.G. Roelofsen gepubliceerd waarin de volgende vraag centraal stond: "Wat is de invloed van het thermisch comfortniveau op de productiviteit van mensen werkzaam in een kantooromgeving?". In dit onderzoek zijn een (groot) aantal studies naar de invloed van de fysieke werkomgeving op productiviteit naast elkaar gelegd van onder ander P.O. Fanger, D. Clements-Croome, R. de Dear en G.S. Brager. De resultaten zijn door Roelofsen onderzocht en vergeleken en hieruit is de rode draad gedestilleerd zodat een overzicht ontstaat van de huidige stand van het onderzoeksgebied. In deze scriptie is vooral gebruik gemaakt van dit rapport, dat als het goed is overkoepelend is voor de andere studies. Bewust is in de scriptie niet gekozen voor bestudering van de studies die ten grondslag liggen aan het rapport van Roelofsen omdat dit onnodig extra werk zou opleveren. Ook is gebruik gemaakt van de resultaten van het recent gepubliceerde onderzoek HOPE.

Productiviteit is datgene wat door mensen met de minste inspanning kan worden voortgebracht. Dus de verhouding output/input per tijdseenheid dient zo hoog mogelijk te zijn. Productiviteit wordt door ook wel gedefinieerd als prestatie per manuur bij een bepaald kwaliteitsniveau. Er moet echter opgemerkt worden dat productiviteit bij standaard administratief werk, in callcenters en fabrieksmatig werk goed te objectiveren is, maar bij mentaal werk, zoals op scholen, is dat een stuk moeilijker.

Er zijn vele factoren die de productiviteit beïnvloeden, zoals weergegeven in figuur 2.3. De studies wijzen echter uit dat de temperatuur een substantiële bijdrage levert aan een productieve werkplek. De productieve werkplek (administratief/mentaal werk) is enigszins koel, dat wil zeggen een temperatuur iets onder de neutrale temperatuur. Boven de 25 °C kan een productiviteitsdaling van 2 % per elke °C stijging aangehouden worden.



Grafiek 2.3 In de grafiek is te zien dat de productiviteit afneemt naarmate de temperatuur toeneemt.

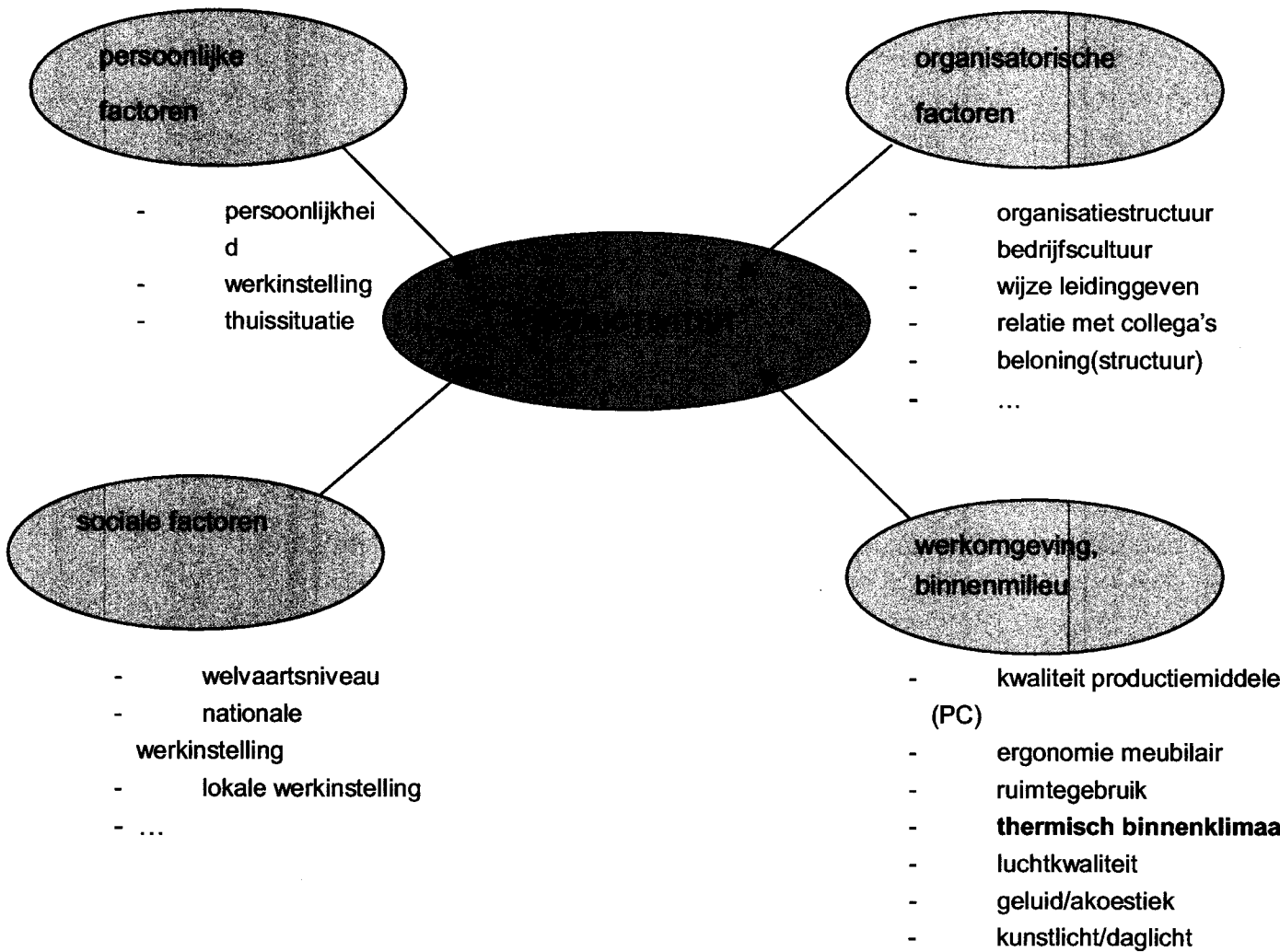


Fig. 2.3 Een schematisch overzicht van de factoren die de productiviteit van mensen beïnvloeden.

§ 2.6 Invloed van maatregelen op thermisch comfort

Alvorens zelf onderzoek te doen naar de invloed van bouwkundige en installatietechnische maatregelen door middel van gebouwsimulatie, is eerst literatuurstudie verricht naar dit onderwerp. Het resultaat van dit onderzoek is in deze paragraaf weergegeven.

Voorbeelden van bouwkundige (passieve) maatregelen die een beter binnenmilieu realiseren zonder veel extra energiegebruik zijn:

- het verbeteren van het thermisch comfort in de winter door isolatie, passieve zonwering, thermisch belasting, natuurlijke ventilatie.
- het verbeteren van het thermisch comfort in de zomer door isolatie, zonwering, thermische belasting, afgestemde natuurlijke ventilatie
- garanderen van luchtkwaliteit door toepassing van weinig emitterende materialen en gebalanceerde natuurlijke ventilatie.
- toepassen van daglichtregeling.
- geluidsbescherming door akoestische isolatie.

Passieve maatregelen zijn vaak goedkoop, gebruiken erg weinig of geen energie, en zijn minder storingsgevoelig dan actieve maatregelen. Hoewel ze afhankelijk zijn van meteorologische condities en bovendien halen ze niet altijd de gewenste doelstelling. Maatregelen moeten aangepast zijn aan de locatie en vereisen daarom creativiteit en haalbaarheidsstudies van de architect. Een ontwerpfout kan dramatische gevolgen met zich meebrengen.

Voorbeelden van technische, actieve maatregelen om de gestelde doelstelling te halen, gebruik makend van energie ter aanvulling van passieve maatregelen en ter voorkoming van een lage gebouwprestatie zijn:

- CV- ketel en radiatoren voor comfort in de winter.
- kunstmatige koeling door air-conditioning en stralingsplafond voor comfort in de zomer.
- mechanische ventilatie.
- kunstmatige verlichting.

Actieve maatregelen zijn qua ontwerp, realisatie en onderhoud als het goed is exact aangepast op de behoefte. De architect hoeft zich hier niet veel zorgen meer om te maken, sinds de actieve maatregelen worden ontworpen en toegepast worden door specialistische adviesbureaus die daarvoor de kennis in huis hebben. Zij kunnen architectonische en bouwkundige 'errors' corrigeren. Wel is de vereiste techniek vaak duur, het energiegebruik hoog en de kans op storingen groot. Bovendien is bij actieve maatregelen meer onderhoud vereist. Het feit dat gespecialiseerde adviesbureaus in staat zijn een onafhankelijk actief systeem te bedenken kan ook beschouwd worden als een nadeel, omdat de architect dan

makkelijker wordt in het nemen van beslissingen in het voordeel van de architectuur en ten koste van het binnenklimaat.

Passieve maatregelen hebben de voorkeur, maar kunnen niet altijd de gewenste comfortcondities realiseren. De werkwijze die voorkeur verdient, is daarom om zoveel mogelijk passieve maatregelen toe te passen en waar dit niet voldoet aan te vullen met actieve systemen, die dan wel kleiner zullen zijn. Deze strategie zorgt er vaak voor dat er meer vrijheid is in het kiezen van concept en plaats van het systeem.

3. **Energiegebruik door klimaatinstallaties in utiliteitsgebouwen**

§ 3.1 **Inleiding.**

Algemeen

In Europa zijn gebouwen verantwoordelijk voor ongeveer 32% van het primaire energiegebruik (tabel 3.1). Dit brengt een grote verantwoordelijkheid met zich mee. Wanneer er energie inefficiënt of onjuist gebruikt wordt zal dat bestreden moeten worden.

	Energiebebruik (PJ)		CO₂-emissie (Mton)		Directe* CO₂- emissie (Mton)		Indirecte* CO₂- emissie (Mton)	
	1995	2001	1995	2001	1995	2001	1995	2001
Woningbouw	573	568	34	33	22	21	12	12
Utiliteitsbouw	369	441	24	26	12	11	12	15
Totaal	942	1008	58	59	33	31	24	28
% v. h. totaal	32%	32%	33%	33%	58%	53%	42%	47%

Tabel 3.1 Primair energiegebruik en CO₂-emissies

* Direct: emissies in de gebouwen zelf; indirect: emissies tengevolge van het energiegebruik in gebouwen

De steeds meer eisende westerse mens wil steeds ingewikkelder klimaatinstallaties. Prof. ir. Fons Verheijen bevestigde in een gesprek de stelling dat ‘de techniek een steeds grotere rol vervult in de gebouwen’ met een tweetal argumenten:

- men wil zuiniger met energie omgaan en duurzamer bouwen; en
- de norm voor comfort gaat steeds verder omhoog

In de jaren zeventig zijn er erg veel energiebesparende maatregelen genomen. Dit doordat er ten gevolge van de oliecrisis zuiniger met energie omgegaan moest worden. Alle kieren en gaten werden dichtgestopt. De roosters die nog een beetje voor ventilatie zorgden werden afgeplakt omdat het zo tochtte. Al deze maatregelen hadden als resultaat dat het comfort en de gezondheid sterk achteruitgingen. Toen is ook de opvatting algemeen geworden dat energiezuinige gebouwen vaak een slecht comfort bieden en daarbij ook nog eens ongezond zijn.

Het Europese HOPE – onderzoek (Health Optimisation Protocol for Buildings, 2005) heeft aan het licht gebracht dat dit niet waar is. Aanleiding voor dat onderzoek is de –schijnbare- tegenstelling tussen maatregelen gericht op het verlagen van het energiegebruik en maatregelen gericht op een beter binnenmilieu.

Context

Een gebouw heeft op elk willekeurig moment behoefte aan **energie** om een optimaal **comfort** (zoals beschreven in hoofdstuk 2) te kunnen leveren. Deze **behoefte** wordt vervuld

door verschillende onderdelen van een klimaatconcept, zoals: ventilatie, verwarming, koeling en vochtigheidsregeling.

Een gebouw bestaat uit allemaal verschillende ruimtes. Deze ruimtes hebben allemaal verschillende behoeftes. Het spreekt voor zich dat het moeilijk is om dan op het **juiste moment** op de **juiste plek** de **juiste hoeveelheid energie** te leveren. Omdat in de probleemstelling de energieprestatie van een gebouw genoemd wordt, gaat dit hoofdstuk in op het energiegebruik van een gebouw, en in het bijzonder de klimaatinstallatie.

§ 3.2 Energiegebruik

Om het energiegebruik van een klimaatinstallatie weer te geven wordt onderscheid gemaakt tussen de zomer- en winterperiode. Voor de zomerperiode geldt dat door de ontwikkelingen de afgelopen jaren de geleiding (transmissie) is afgenomen. Ook de zonnewinsten zijn wat afgenomen door verbeterd glas. Daarentegen is de interne warmteproductie enorm toegenomen. Hieraan zijn vooral de computers en de randapparatuur daarvan debet. Deze ontwikkeling is ook weergegeven in figuur 3.1.

De belangrijkste strategieën in de zomerperiode zijn:

- 1. het beheersen van de zonnewinsten;
- 2. het in de hand houden van de interne warmteproductie;
- 3. het overdags opslaan van warmteoverschotten en 's nachts voorwaardelijk ventileren.

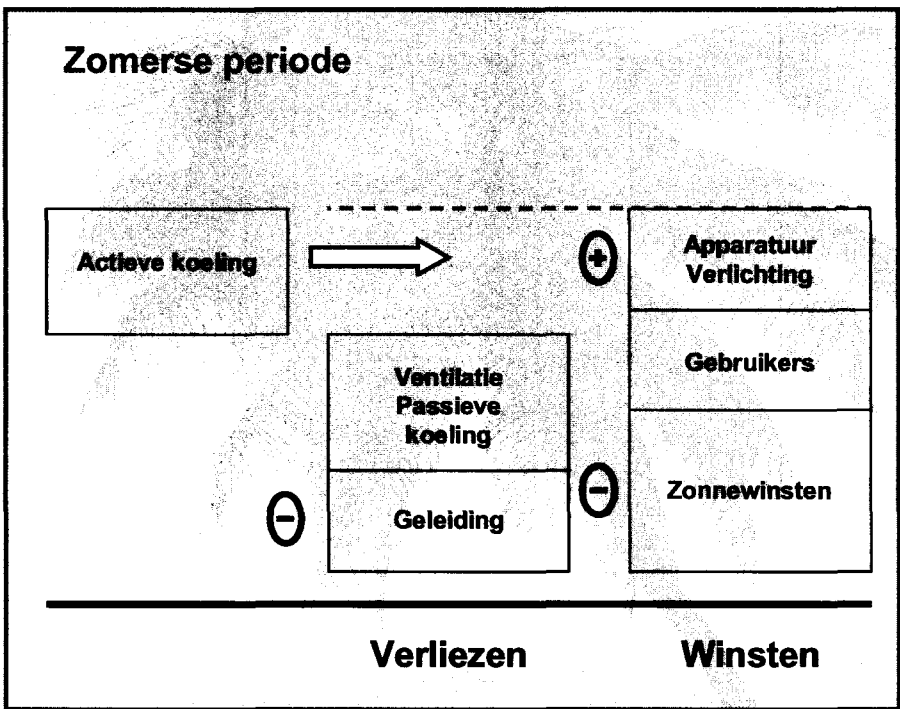


Fig. 3.1 Energiebalans zomerse periode

In de wintersituatie wordt de energievraag bepaald door andere factoren. Dat is weergegeven in figuur 3.2. Over de te nemen energiebesparende maatregelen in de winter is nogal wat verwarring. In een publicatie van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap en het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf wordt aanbevolen om “de

zonnewarmte benutten die via de ramen gratis naar binnen stroomt. Het is een aantrekkelijk concept in het verwarmingsseizoen". Anderen dringen er op aan om het glasoppervlak zo klein mogelijk te houden in verband met transmissieverliezen. Vooral wanneer er geen zonwering aanwezig is kan de koellast in de zomer fors oplopen wanneer er veel glas toegepast wordt.

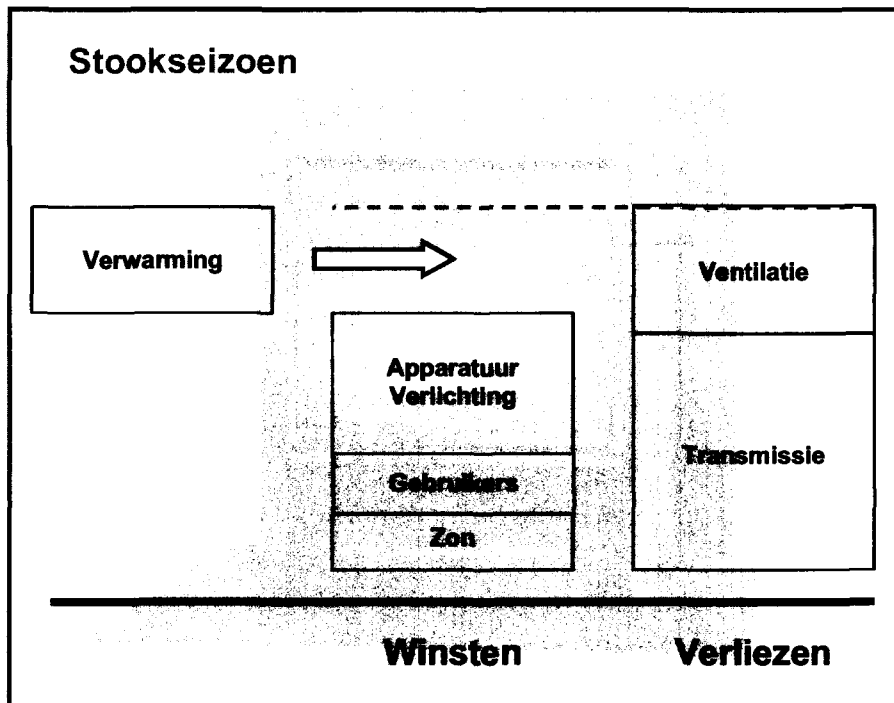


Fig. 3.2 Energiebalans winterse periode

§ 3.3 Energiebesparende maatregelen

In het verlengde van de paragraaf over energiegebruik, gaat deze paragraaf over energiebesparing. Over energiebesparing is al veel gepubliceerd. Vooral door SenterNovem en ISSO. Vandaar dat daar hier verder niet op ingegaan wordt. In dit rapport is wel van belang dat voor het besparen van energie niet alleen de installatietechnische, maar ook de bouwkundige maatregelen een rol spelen.

Energiebesparing en gezondheid

Zoals genoemd in de inleiding heeft op europees een onderzoek plaatsgevonden waarbij gebouwen beoordeeld zijn op zowel comfortverbetering als energiebesparing. Dit onderzoek is ook genoemd in hoofdstuk 2 waarin uitgebreid aan de orde is gekomen dat energiebesparing en comfortverbetering samen op kunnen gaan, mits gebouwen goed ontworpen worden. Ook hieruit blijkt weer dat het niet alleen het concept of het gebruik van de klimaatinstallatie is waarmee energiebesparing behaald kan worden, maar dat ook het gebouw van belang is.

§ 3.4 Overheidsbeleid

Het overheidsbeleid is sinds lang erop gericht om de energievraag in gebouwen te besparen. Sinds 1995 is de Energieprestatienorm (EPN) van toepassing. Op dit moment nadert het energieprestatie advies utiliteit (EPA-U) zijn voltooiing. Per 1 januari 2006 zal zij van toepassing zijn. Over deze maatregelen gaat het in deze paragraaf. Deze maatregelen zijn belangrijke richtlijnen voor Stork WorkSphere. Tevens worden soms op basis van deze richtlijnen beslissingen door opdrachtgevers genomen.

EPN

De energieprestatienorm is bedoeld als instrument voor integrale beoordeling van energiezuinigheid. Deze beoordeling gaat alleen over de harde bouwkundige en installatietechnische specificaties van een gebouw. Dit heeft als nadeel dat er geen oordeel wordt geveld over het werkelijke energiegebruik, maar alleen over het karakteristieke, dat wil zeggen voorspelde energiegebruik. Het energiegebruik wordt niet alleen door het klimaatconcept bepaalt, maar ook voor een groot deel door de instellingen van de installatie en het gebruik van de installatie en het gebouw. Dit wordt in hoofdstuk 4 verder uitgewerkt.

Het getal wat een uitspraak doet over de energiezuinigheid van een gebouw is de energie prestatiecoëfficiënt (EPC). De bepalingsmethode voor deze coëfficiënt is beschreven in NEN 2916. De berekening van de coëfficiënt is als volgt:

$$EPC_i = \frac{Q_{pres; tot}}{Q_{pres; toel}} \times EPC_{eis; i} \quad (3.1)$$

waarin:

EPC_i = de EPC van gebruiksfunctie i in het utiliteitsgebouw

$EPC_{eis; i}$ = de energieprestatie-eis van gebruiksfunctie i volgens het Bouwbesluit

$Q_{pres; tot}$ = 'totale energiegebruik': de getalswaarde van het karakteristieke energiegebruik in MJ voor een gebouw

$Q_{pres; toel}$ = 'energiebudget': de getalswaarde van de toelaatbare karakteristieke energieprestatie in MJ voor een gebouw

EPA-U

Het energieprestatieadvies voor de utiliteitsbouw (EPA-U) is een van de doelstellingen waarmee de overheid haar klimaatdoelstellingen wil realiseren. Dit doordat het EPA-U inzichtelijk maakt met welk maatregelpakket men het energiegebruik in een utiliteitsgebouw op efficiënte wijze kan reduceren.

Het EPA-U regelt per 1 januari 2006:

- een algemeen kader voor een methodiek voor de berekening van de geïntegreerde energieprestatie van gebouwen.
- de toepassing van minimeisen voor de energieprestatie van nieuwe gebouwen.

- de toepassing van minimumeisen voor de energieprestatie van bestaande grote gebouwen die een ingrijpende renovatie ondergaan.
- de energiecificering van gebouwen.
- de regelmatige keuring van c.v.-ketels en airconditioningsystemen in gebouwen en een eenmalige totale keuring van verwarmingsinstallaties waarvan de ketel ouder is dan 15 jaar.

Deze opzet betekent een hele vooruitgang ten opzichte van de EPN. Er wordt bijvoorbeeld niet alleen gekeken naar de aanwezigheid van een warmtepomp, maar ook naar het soort regeling.

Meer Jaren Afspraken (MJA's)

In het kader van het Kyoto-protocol hebben een aantal branches, samen goed voor ongeveer 15% van het energiegebruik binnen de utiliteitssector, met de Nederlandse overheid een Meerjarenafpraak afgesloten over de verbetering van hun energie-efficiency. In het kader van deze MJA's heeft SenterNovem het initiatief genomen om MJA-gebruikersgroepen op te richten. Deze gebruikersgroepen gaan aan de slag met mogelijke energiebesparingmethodes. Zo is er een gebruikersgroep die onder begeleiding van Stork WorkSphere en TNO Bouw aan het verbeteren van klimaatinstallatie instellingen werkt.

Nederland, energiebesparend?

In het rapport *Evaluatie van het klimaatbeleid in de gebouwde omgeving 1995-2002* is een van de aanbevelingen de volgende: 'Monitoring van de werking van geïnstalleerde voorzieningen zou moeten worden verbeterd om te kunnen beoordelen welke energiebesparing daadwerkelijk in de praktijk wordt gerealiseerd (zijn HR-ketels en zonneboiler wel goed geïnstalleerd etc.).'

Deze aanbeveling raakt de kern van een van de grote problemen in de gebouwde omgeving. Aannemers noch installateurs worden afgerekend op de energetische prestaties van gebouwen en installaties.

§ 3.5 Gebouwbehoefteprofiel

Definitie

Elke ruimte kent een energiebehoefte. Deze behoefte (warmteverlies, dan wel koellast) is als volgt gedefinieerd:

Interne warmteproductie (Φ_{intern}), die bestaat uit:

- a. apparatuur
- b. personen
- c. armaturen

Zoninstraling ($q_{\text{zon}} \times A_{\text{glas}} \times ZTA_{\text{glas}} \times \eta_{\text{verw}}$)

Warmtedissipatie ($\Phi_{\text{dissipatie}}$)

Warmteverlies (of –winst) door

- transmissie $\{(T_{bi} - T_{bu}) \times U \times A_{verlies}\}$
- mechanische ventilatie $(q_{vent} \times \rho \times C_p)$

Dit resulteert in de onderstaande vergelijking voor het gebouwbehoefteprofiel:

$$Q = \Phi_{intern} + q_{zon} \times A_{glas} \times ZTA_{glas} \times \eta_{verw} + \Phi_{dissipatie} - \{(T_{bi} - T_{bu}) \times U \times A_{verlies} + q_{vent} \times \rho \times C_p\} \quad (3.2)$$

Het **gebouwbehoefteprofiel** van een ruimte of een geheel gebouw geeft de **energiebehoefte** weer. In figuur 3.3 is deze energiebehoefte uitgezet tegen de buitentemperatuur. De rode en blauwe punten geven de uurlijkse energiebehoefte van het referentiegebouw weer. De groene lijn is de door VA 114 gebouwsimulatie [zie hoofdstuk 6] geadviseerde luchtbehandelingsstooklijn.

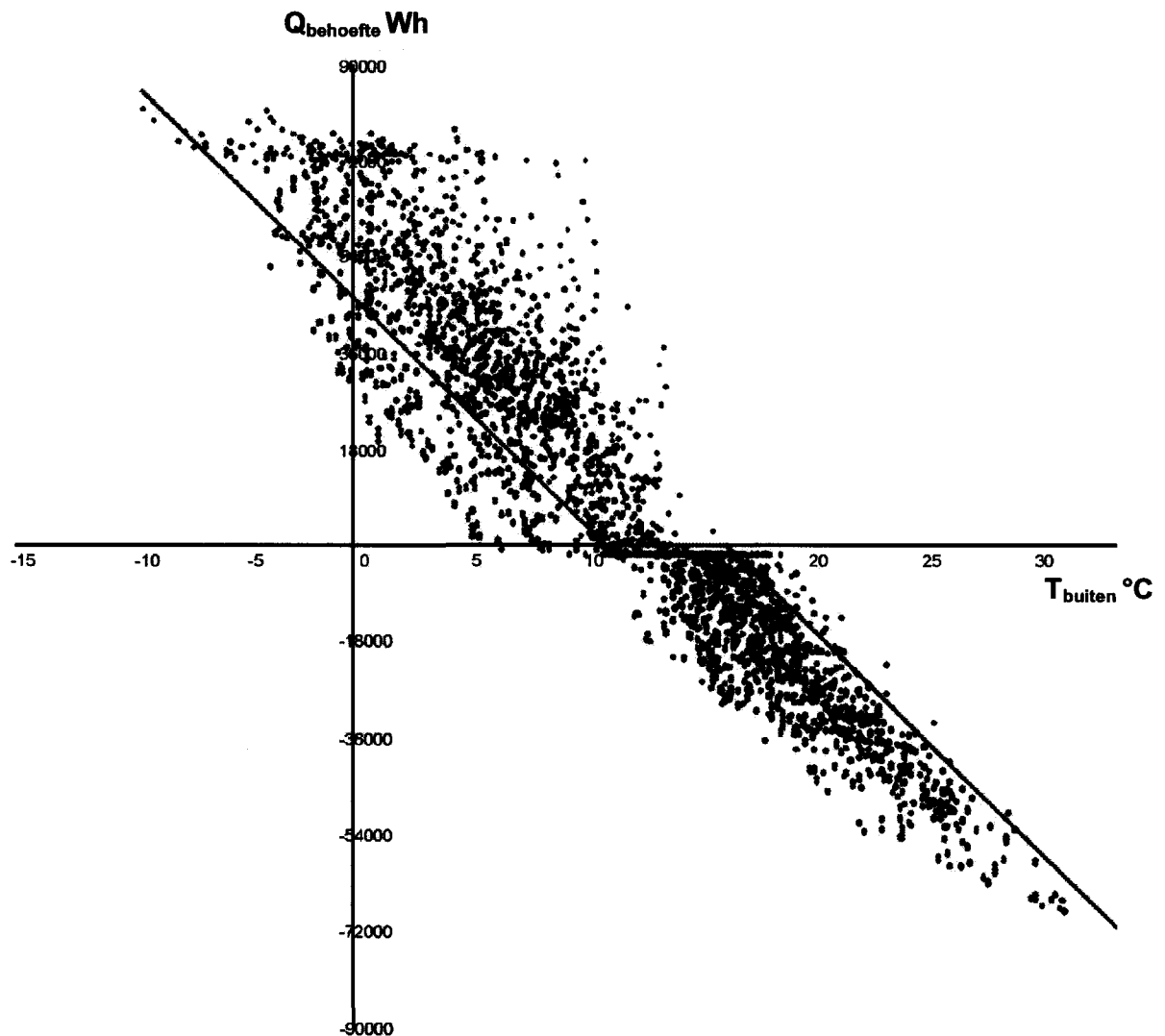


fig. 3.3 Gebouwbehoefteprofiel van het referentiegebouw (bijlage I)

De variaties in de waardes van de energiebehoefte ten opzichte van een enkele buitentemperatuur (niet alle punten bevinden zich op een lijn) kunnen worden veroorzaakt doordat er verschil in energiebehoefte ontstaat door:

- verschillende **interne warmtelasten** op verschillende momenten
- verschillende **zoninstralingswaarden** op verschillende momenten
- verschillende voorgaande buitentemperaturen, die via het al dan niet opwarmen van de gebouwmassa invloed heeft op de energiebehoefte.

In het geval van figuur 3.3 betreft het een enkele ruimte. Dit is een beperking van het huidige VA 114 simulatieprogramma. Wanneer er meerdere ruimtes tegelijkertijd gesimuleerd worden kan er een nog grotere spreiding ontstaan.

4. Inregelen en optimaliseren van klimaatinstallaties.

§ 4.1 Inleiding.

Waarom inregelen?

Een klimaatinstallatie wordt na of tijdens het in bedrijf stellen meestal ingeregeld. Dit wil zeggen dat in het distributienet tussen warmte- en koudeopwekker en afgifteapparaat de juiste volume -/ energiestromen moeten worden gerealiseerd. Het distributiemedium kan bestaan uit water of lucht, bij beiden is inregelen een noodzakelijke handeling wil de installatie naar behoren functioneren. Zoals eerder opgemerkt in deze scriptie, moet de goede hoeveelheid energie naar de goede plaats op het juiste moment. Inregelen verbetert dus het comfort, verlaagt het energieverbruik en zorgt ervoor dat alle installatie-componenten optimaal kunnen functioneren. Het is dus niet zo dat inregelen problemen oplost, niet inregelen *veroorzaakt* problemen!



Fig. 4.1 Een inregelafsluiter voor in een hydraulische schakeling en een regelklep voor in een luchttechnische schakeling.

Waarom optimaliseren?

Het realiseren van een goede volumestroom (inregelen) zegt nog niets over de energiestroom naar een bepaalde plaats. De afgegeven energie wordt ook bepaald door het verschil tussen aanvoer - en retourtemperatuur van het distributiemedium. De retourtemperatuur kan doorgaans moeilijk geregeld worden, omdat de afgenomen hoeveelheid warmte sterk afhangt van wat er in de ruimte waarin het afgifteapparaat staat gebeurt. Wat wel noodzakelijk is, is het regelen van de aanvoertemperatuur op basis van de energievraag in de ruimte. Dit om er voor te zorgen dat bij weinig energievraag in de ruimte de aanvoertemperatuur niet onnodig hoog blijft, en de regelafsluiters ervoor zorgen dat de flow geminimaliseerd wordt. De aanvoertemperatuur wordt dus geregeld op basis van de energievraag in de betreffende ruimte of gebouwdeel. Echter, de aanvoertemperatuur wordt meestal niet geregeld door de ruimtetemperatuur, maar door de buitentemperatuur, die immers grote invloed heeft op de energievraag van de ruimte. Als de aanvoertemperatuur

van het distributiemedium geregeld wordt door de buitentemperatuur, spreekt men van een stooklijn. Met het realiseren van de goede aanvoertemperatuur bij een bepaalde buitentemperatuur wordt het optimaliseren van de klimaatinstallatie bedoeld, dit geldt voor beide distributiemedia. Dit optimaliseren is erg belangrijk, omdat het energetisch en comforttechnisch niet goed is om de aanvoertemperatuur op 1 niveau te handhaven en alleen de flow te regelen. Juist de combinatie van beide (flow en temperatuur) levert een goed functionerende installatie op. Een voorbeeld: doordat de aanvoertemperatuur van het water te hoog is bij een bepaalde buitentemperatuur, gaan de regelaarsluiters of thermostaatkranen van de radiatoren dicht, omdat anders de energieafgifte in de ruimte te hoog is. Kortom: hoge temperatuur en weinig flow. (Ongewenst) gevolg: radiator wordt maar gedeeltelijk warm.

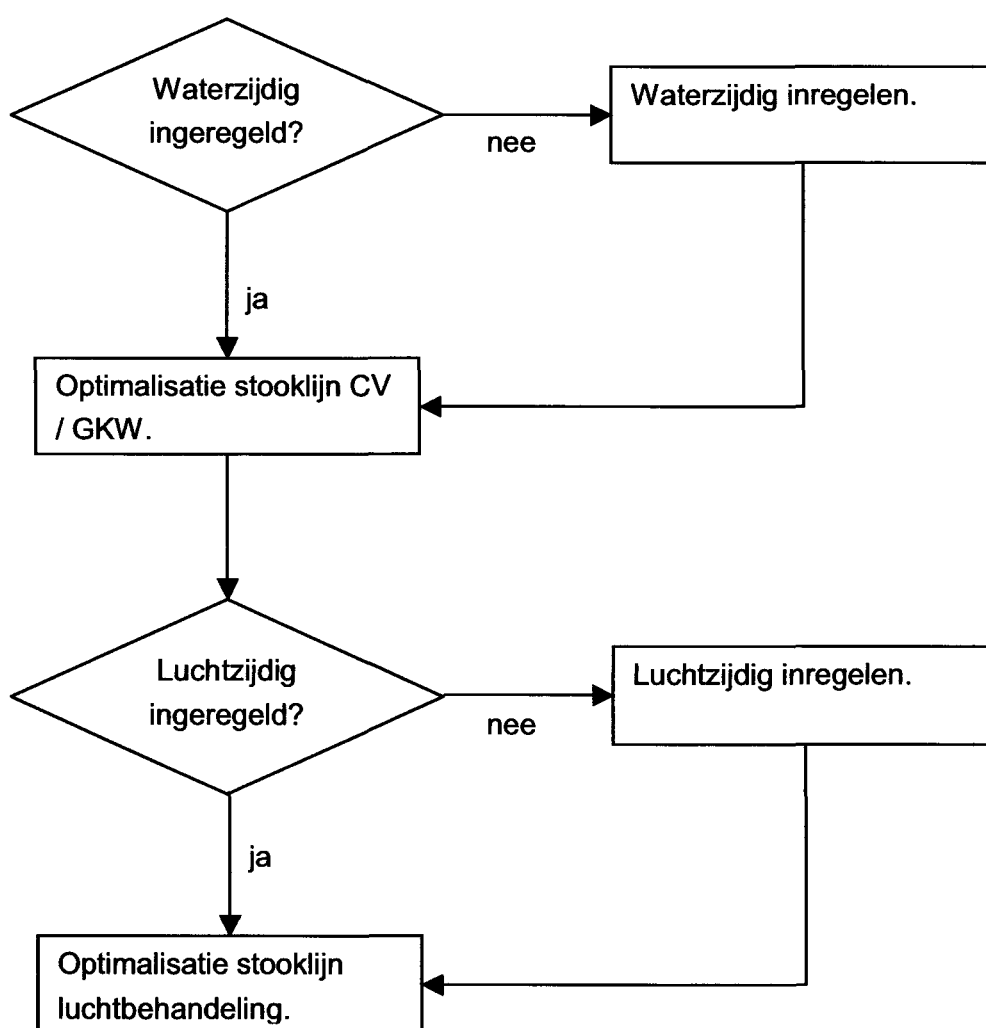


Fig. 4.2 Schema dat weergeeft in welke volgorde een klimaatinstallatie ingeregeld en geoptimaliseerd dient te worden.

§ 4.2 Waterzijdig inregelen

Hydraulische schakeling

In de (installatie) techniek is het gebruikelijk om een systeem niet alleen te dimensioneren op een tekening die als leidraad dient tijdens de uitvoering, maar ook om het schematisch weer te geven. Er wordt dan gesproken van een principeschema waarin de hydraulische schakeling staat weergegeven. Wordt hierin ook vastgelegd hoe de regeling van het systeem plaatsvindt, dan spreekt men over een procesinstrumentatieschema. Voor het inregelen van een hydraulische schakeling, dat een belangrijk onderdeel van de klimaatinstallatie is, is vereist dat bekend is hoe het systeem werkt. Als het goed is komen de principeschema's overeen met de installatie zoals die in de praktijk is gemaakt. Aangezien dit niet altijd het geval is, is bestudering en vergelijking van het principeschema met de werkelijkheid van groot belang. Voor een ontwerper van een goede hydraulische schakeling is het essentieel om modulair te denken. Hiermee wordt bedoeld dat de schakeling gezien moet worden als aan elkaar gekoppelde verschillende modules, te weten de opwekkersmodule, distributiemodule, en afgiftemodule.



Fig. 4.4 Een gedeelte van een hydraulische schakeling zoals het er in de praktijk uitziet. Theorie (schema, tekening) en praktijk (de installatie) dienen overeen te komen.

Voorinstelmethode

Er zijn 2 methoden voor inregelen: voorinstelmethode en proportionele methode. Voor hydraulische schakeling wordt de voorinstelmethode toegelicht, voor luchttechnische schakeling de proportionele methode (zie § 4.4).

Samengevat kan de voorinstelmethode gesplitst worden in 2 fasen. In de eerste fase worden de standen van de inregelafsluiters van de groepen warmtewisselaars (bv radiatoren) bepaald door middel van een berekening. In de tweede fase worden de ontwerpvlomestromen in de modules voor de gebruiker(s) en opwekker(s) met hiervoor geschikte inregelafsluiters met meetnippels door middel van meten ingesteld.

§ 4.3 Waterzijdig optimaliseren

Waterzijdige stooklijn (CV)

De maximale temperatuur die een (HR) CV – ketel in utiliteitsgebouwen levert, bedraagt 80-90 °C, en het retourwater is dan zo'n 60-70 °C. Men spreekt dan van een hoge temperatuur systeem. Hoewel er steeds meer gebruik gemaakt van lage temperatuur systemen (LTS) die een aanvoertemperatuur van maximaal 55 °C hebben, wordt in het merendeel van de projecten gewoon een HR ketel toegepast. Daarom zal alleen ingegaan worden op de stooklijn van een hoog temperatuur systeem.

Van oudsher zit er op een CV- ketel een stooklijn. Deze werd met de hand ingesteld tussen een minimumtemperatuur van –10 en 30 °C. Bij –10 werd vaak een maximale aanvoertemperatuur gehandhaafd en deze zakte lineair naar een aanvoertemperatuur van 20 °C bij een buitentemperatuur van 20 °C, waarbij de brander in de ketel vrijwel uit was.

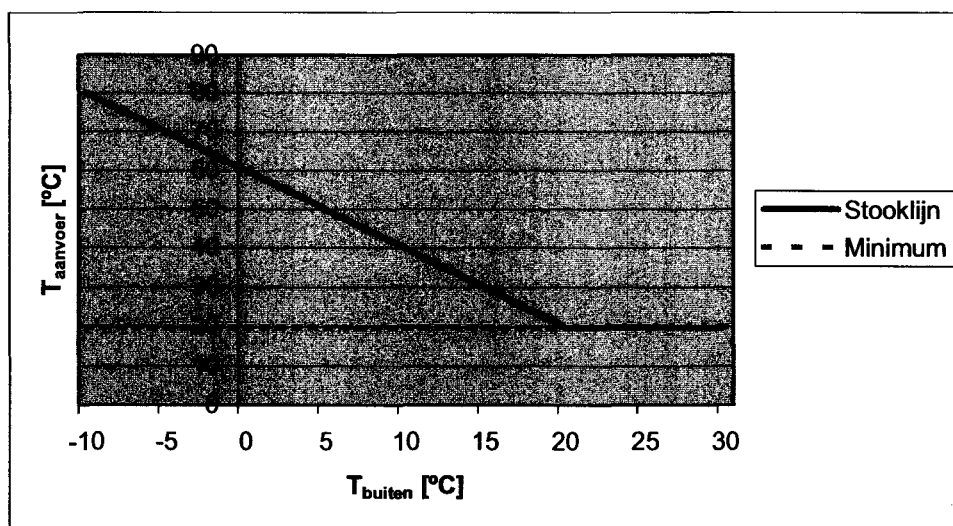


Fig. 4.3 De weersafhankelijke stooklijn zoals die in de praktijk veel voorkomt.

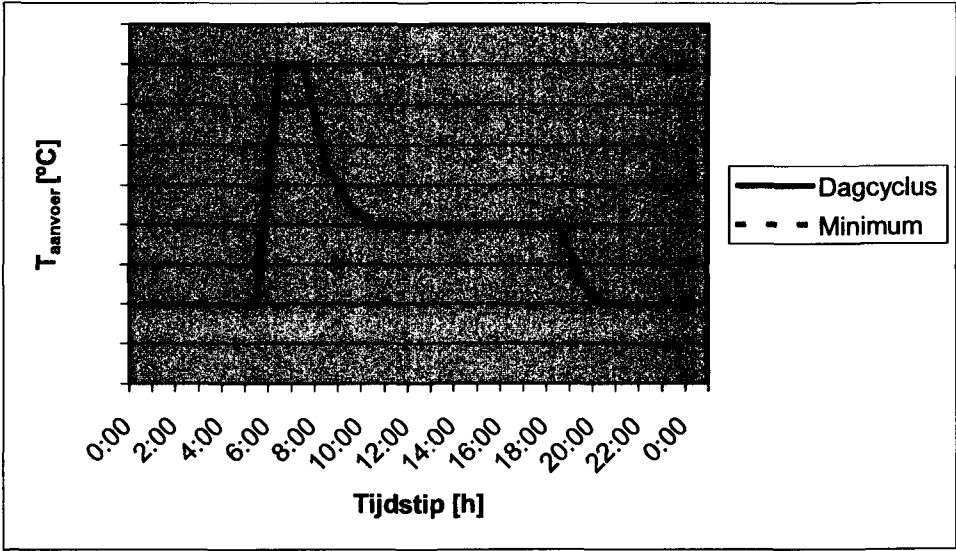


Fig. 4.4 De stooklijn waarin rekening is gehouden met de dagcyclus. Het temperatuurniveau van $T_{aanvoer}$ hangt in werkelijkheid vaak ook af van de buitentemperatuur, daarom is deze op de verticale as niet weergegeven.

Stooklijn C V

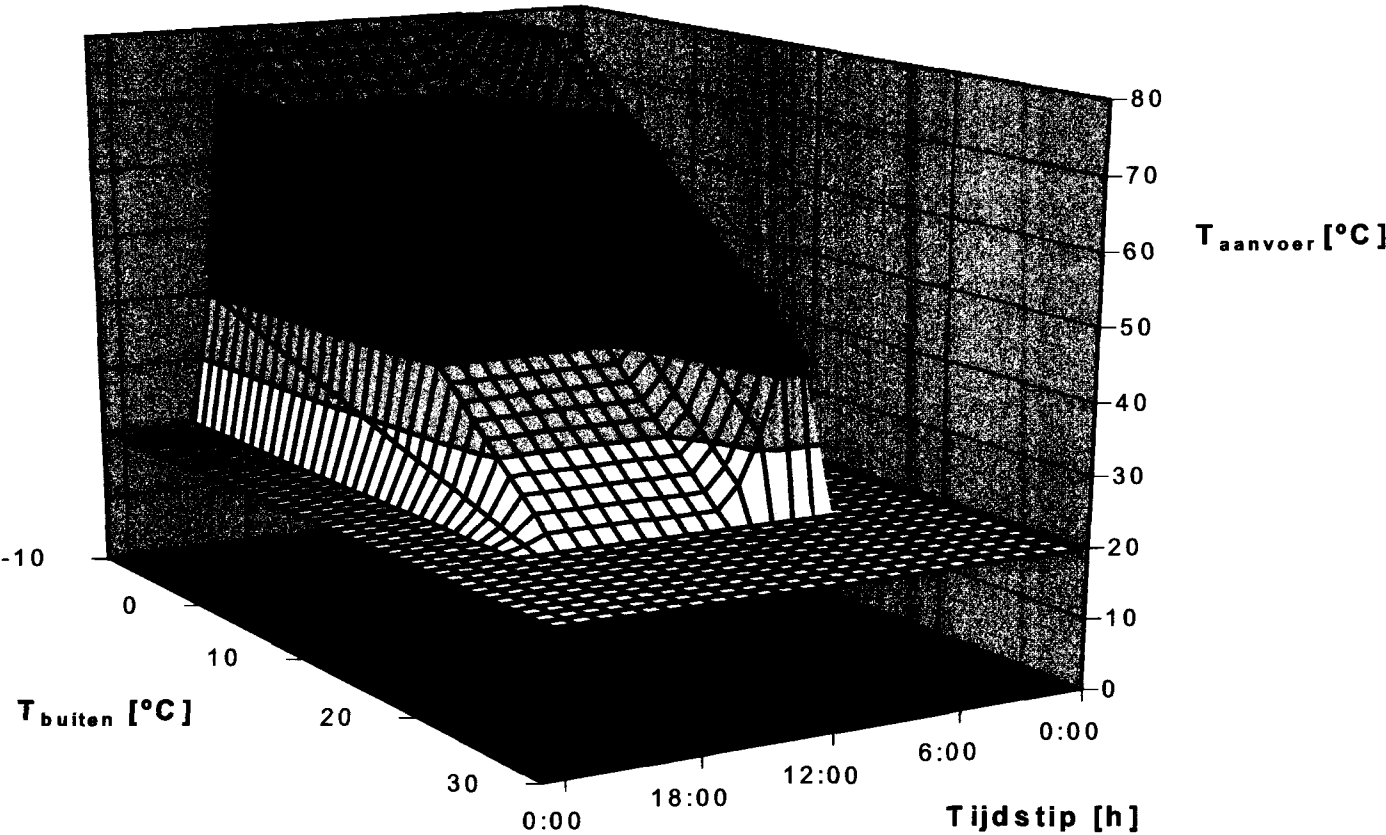


Fig. 4.5 $T_{aanvoer}$ als functie van T_{buiten} en het tijdstip, de dagcyclus. Hiermee kan met behulp van 1 grafiek afgelezen worden wat een ideale aanvoertemperatuur is op een bepaald tijdstip en een bepaalde buitentemperatuur

§ 4.4 Luchtzijdig inregelen

Proportionele inregelmethode

Deze inregelmethode bestaat eveneens uit 2 hoofdlijnen, nl. balanceren en het instellen van de volumestromen. Met het balanceren wordt het instellen van de gewenste ontwerpvolumestroomverhoudingen in de verschillende aftakkingen met behulp van inregelkleppen bedoeld. Daarna kunnen door middel van het instellen van luchtklep bij de ventilator of het toerental van de ventilator de juiste ontwerpvolumestromen gerealiseerd worden.

Dit is een veelgebruikte inregelmethode in de luchttechniek.

§ 4.5 Luchtzijdig optimaliseren

Conventionele stook- en koellijn

Als er sprake is van een gebouw waarin (ook) met lucht geklimatiseerd wordt, is de temperatuur van de inblaaslucht vaak geregeld op basis van de buitentemperatuur. Het verband tussen buitentemperatuur en inblaastemperatuur is de stook - en koellijn voor luchtbehandeling. Doorgaans denkt men bij een stooklijn aan het verband tussen buitentemperatuur en aanvoerwatertemperatuur van een CV-installatie. Deze dienen niet met elkaar verward te worden.

Men spreekt over een stooklijn als de lucht die door de luchtbehandelingskast (LBK) gaat alleen verwarmd kan worden, door een verwarmingsbatterij of warmteterugwinning. Als er ook een koelbatterij in de LBK geïnstalleerd is, kan ook over een koellijn gesproken worden. Vaak wordt de inblaaslucht op een constante waarde geregeld, of 1 constante temperatuur voor in de winter en 1 constante temperatuur voor in de zomer. Zie de grafieken hieronder.

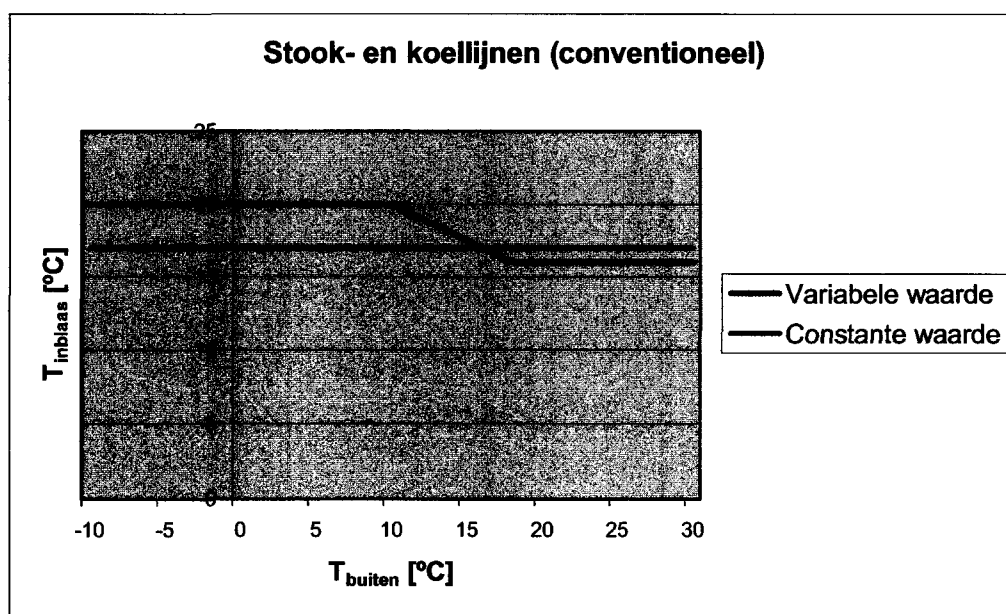


Fig. 4.1 Veel voorkomende stook - en koellijnen.

Optimale stook - en koellijn

Door voortschrijdend inzicht, meer ‘regelbaarheid’ aan gebouwinstallaties en constatering van comfortklachten en hoge energierekeningen is men een aantal jaren geleden aan het nadenken gegaan over deze stooklijn instellingen. Het resultaat van de uitgevoerde studie(s) naar het effect van de stooklijn op energiegebruik en comfort is vastgelegd in ISSO publicatie 68, 68.1 en diverse artikelen in het tijdschrift Verwarming&Ventilatie. Kort samengevat kan gezegd worden dat de conventionele stook - en koellijn ervoor zorgt dat de lucht vaak al met een te hoge temperatuur in de ruimte gebracht wordt, waardoor er

- decentraal extra gekoeld moet worden, wat energievernietiging betekend.
- als dit niet mogelijk is, comfortklachten ontstaan.

De oorzaak van de te hoge binnentemperaturen is veelal een door de jaren heen toegenomen interne warmtelast en een hogere warmteweerstand (betere isolatiewaarde) van de gevel. Het klimaat - of installatieontwerp moet hierop anticiperen, wat niet altijd gebeurd. Ook tijdens deze studies werd weer zichtbaar dat hoog energiegebruik en comfortproblemen optreden wanneer de installatie en het gebouw niet goed op elkaar zijn afgestemd.

Als antwoord op deze problematiek is een stook- en koellijn ontwikkeld, die comforttechnisch goed is en tevens energetisch optimaal is. De basis die nodig is om deze te bepalen is het gebouwbehoefteprofiel, zie § 3.4. Uit het gebouwbehoefteprofiel kan de temperatuur worden afgeleid waarbij het gebouw thermisch in balans (kantelpunttemperatuur) is en in welk buitentemperatuurtraject het gebouw gelijktijdig behoefte heeft aan verwarming en koeling, het zgn. overgangsgebied. Dit is het meest kritische gebied voor de goede werking van een klimaatinstallatie omdat er sprake is van deellast en dit vereist nauwkeurige monitoring en regeling. Bovendien is dit het temperatuurgebied wat ongeveer 40 % van de bedrijfstijd voorkomt, afhankelijk van de thermische balans van het gebouw.

Temperatuur-frequentie-verdeling

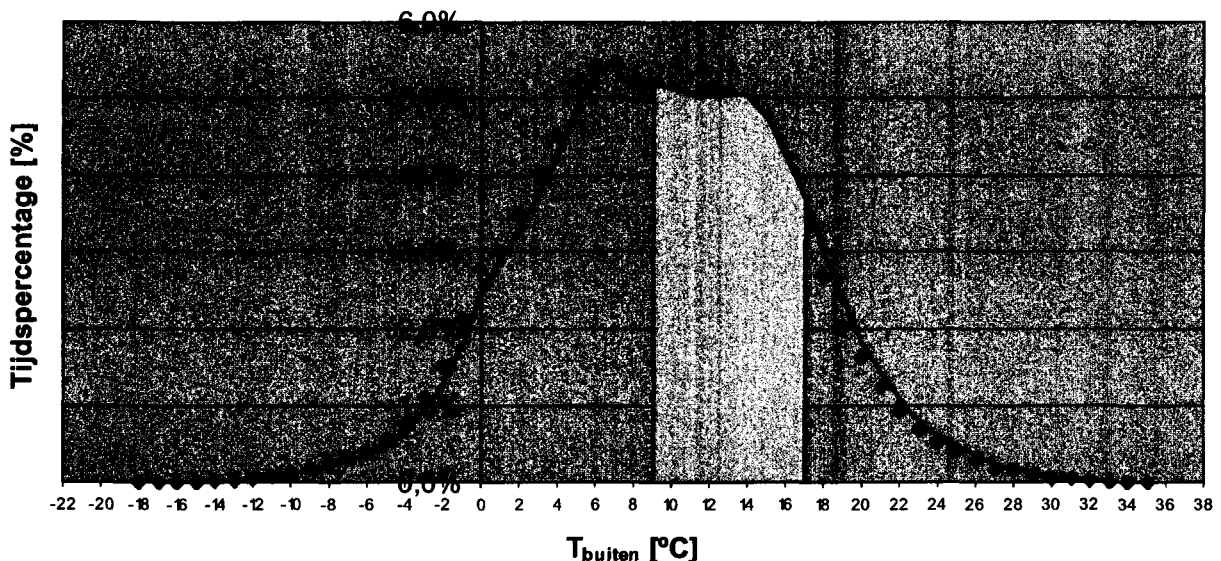


Fig. 4.2 De temperatuur frequentie verdeling die de voorkomende buitentemperaturen weergeeft over een periode van 34 jaar. Het lichtblauw gearceerde gebied kan het overgangsgebied van een gebouw voorstellen, van 9 tot 17 °C, waarbij de kantelpunttemperatuur op 13 °C ligt. De oppervlakte (het overgangsgebied) is 42 % van het totale oppervlak onder de grafiek.

Het idee van de optimale stook- en koellijn voor luchtbehandeling is om de inblaaslucht in het overgangsgebied 'mee te laten lopen' met de buitentemperatuur. Er wordt dus geen energie aan de lucht toegevoerd die later in bepaalde ruimten te veel is, en dus weer afgevoerd moet worden. Hieronder is een voorbeeld gegeven van hoe een stooklijn energetisch optimaal ingesteld dient te worden. In deze scriptie zal niet verder ingegaan worden op hoe deze stooklijn bepaald kan worden, dit is beschreven in ISSO publicatie 68 en 68.1.

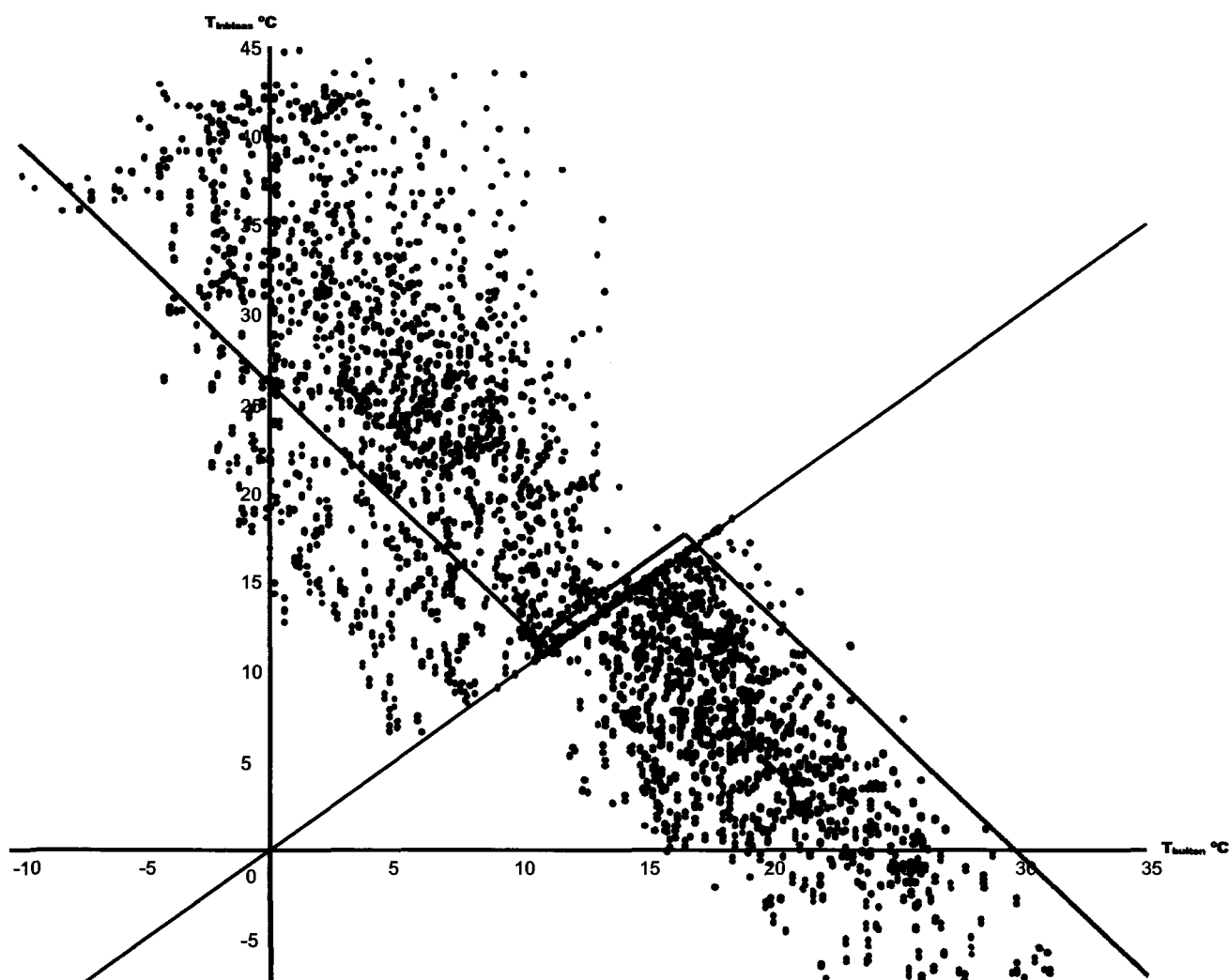


Fig. 4.3 Energetisch optimale stook- en koellijn voor luchtbehandeling, bepaald met het gebouwssimulatieprogramma VA 114.

§ 4.5 Kloktijden van de installatie

Vanzelfsprekend

De bedrijfstijden van de klimaatinstallatie, zoals het aan- en uitschakelen van de warmte- / koudeopwekking en de ventilatie, moeten goed worden ingesteld. Dit lijkt een vanzelfsprekendheid, maar dat is het in de praktijk niet.

Het comfort in een gebouw hoeft hier niet onder te lijden, als het comfort binnen de bedrijfstijden maar goed is. Het is echter wel overbodig om buiten de bedrijfstijden een comfort te realiseren, dit is dan ook onnodig energiegebruik. Bij het instellen van deze kloktijden moet rekening gehouden worden met de aanwarmtijd die behoorlijk lang kan zijn (2 uur) als er een koude nacht is geweest. Tevens is het zo dat als een gebouw een hoge gebouwmassa heeft (er is sprake van vertraging) dat de verwarming niet tot het laatste moment aan hoeft te blijven. De warmte die tijdens de verwarmingsperiode door het gebouw is opgenomen is na het uitschakelen van de verwarming nog lang voelbaar.

DEEL II SIMULATIEONDERZOEK

5. Vooronderzoek simulatieonderzoek

§ 5.1 Inleiding

Simulatieonderzoek

Zoals in de inleiding vermeldt bestaat deel II van deze scriptie uit een simulatieonderzoek. Het simulatieonderzoek heeft als doel het aantonen van de invloed van installatietechnische en bouwkundige maatregelen op de comfort- en energieprestatie van een gebouw.

Het simulatieonderzoek is opgebouwd uit een drietal hoofdstukken.

In dit eerste hoofdstuk wordt als eerste de keuze van de verschillende te simuleren maatregelen toegelicht. Verder wordt op basis van het literatuuronderzoek per onderzoeksmaatregel het te verwachten resultaat beargumenteerd.

Het hiernavolgende hoofdstuk bevat de exact gebruikte simulatiemaatregelen en een toelichting bij de gebruikte software.

In het laatste hoofdstuk worden de resultaten van het simulatieonderzoek gepresenteerd.

In dit hoofdstuk worden een aantal zaken toegelicht. Als eerste wordt de keuze van de verschillende onderzoeksmaatregelen toegelicht. Verder wordt op basis van het literatuuronderzoek per onderzoeksmaatregel het te verwachten resultaat beargumenteerd.

§ 5.2 Onderzoeksmaatregelen

Voor het onderzoek hebben we zowel installatietechnische als bouwkundige maatregelen gezocht. Dit omdat niet alleen installatietechnische, maar ook bouwkundige maatregelen grote invloed op het uiteindelijke comfort hebben. De keuze van de verschillende maatregelen is beïnvloed door een aantal factoren. Als eerste zijn de simulatieprogramma's vastgesteld. Deze programma's hebben nogal verschillende mogelijkheden. Ondanks deze verschillen is er gezocht naar maatregelen die in beide programma's uitgevoerd kunnen worden.

Hieronder zijn de gekozen maatregelen voor het simulatieonderzoek weergegeven:

Bouwkundige maatregelen

1. Het verhogen van de specifiek werkzame massa (SWM).
2. Het verhogen van de Rc- waarde.
3. Het toepassen van zonwering.
4. Het verlagen van de ZTA-waarde van het glas.
5. Het verlagen van de glasfractie in de zuidgevel.

Installatietechnische maatregelen

6. Het toepassen van duurzame warmteopwekking.
7. Het toepassen van duurzame koudeopwekking.
8. Optimalisatie van de stooklijn van de luchtbehandeling.
9. Het verlagen van het ventilatievoud.
10. Het toepassen van voorwaardelijke nachtventilatie.
11. Het verlagen van de bevochtiging.

§ 5.3 Prognose van het onderzoeksresultaat*Gebouwmassa (SWM)*

SWM (specifiek werkzame massa) = $(f \cdot r \cdot d \cdot A_d) / A_v$ [kg/m²], waarin:

f = reductiemaatregel voor isolerende deklagen

$f = 0,7$ voor verlaagde plafonds en verhoogde vloeren

$f = 0,0$ voor geventileerde ruimten

r = dichtheid van de wanden, vloeren en plafond in kg/m³

d = werkzame dikte in m (halve dikte van wand, vloer of plafond tot max. 0,06 m)

A_d = van binnenuit zichtbare oppervlakte van wanden, vloer en plafond in m²

A_v = totale inwendige vertrekoppervlakte (inclusief ramen) in m²

Bij een toenemende gebouwmassa ten opzichte van de huidige conventionele waarden zal het energiegebruik afnemen en het comfort verbeteren. Dit omdat de massa de wisselingen in de buitentemperaturen afvlakt. Hogere temperaturen komen in het Nederlands klimaat vaak kort voor, zodat dit het energiegebruik kan doen afnemen. Ook het comfort zal door een groter percentage van de aanwezigen geaccepteerd worden omdat de temperatuur door de dag heen constanter is en de invloeden van buiten minder snel binnen te merken zijn.

Zodoende heeft de klimaatinstallatie meer tijd om daar op te anticiperen.

In combinatie met voorwaardelijke nachtventilatie is het mogelijk om 's zomers de koeling die je 's nachts bereikt overdag langdurig te benutten.

Rc- waarde

Wanneer $T_{\text{buiten}} > T_{\text{binnen}}$, dan stroomt er warmte naar binnen, en bij $T_{\text{buiten}} < T_{\text{binnen}}$ stroomt er warmte naar buiten. Hoe groter de R_c - waarde (de warmteweerstand), hoe minder warmte er per graad temperatuurverschil stroomt. Wanneer de R_c - waarde groter is dan conventioneel zal er 's winters minder warmteverlies zijn en 's zomers minder warmtewinst. Keerzijde is dat bij een toenemende interne warmtelast deze minder gemakkelijk naar buiten stroomt bij $T_{\text{buiten}} < T_{\text{binnen}}$. Een uitspraak over de energieconsequentie is dus niet eenduidig te doen. Gevolgen voor het comfort zullen gunstig zijn omdat de invloeden van buiten minder snel binnen te merken zijn.

Zonwering

Zonwering zorgt er voor, wanneer zij optimaal bedient wordt, dat de zoninstraling niet, of ten dele binnendringt wanneer zij niet gewenst is. Dit zorgt voor een aanzienlijke besparing

betreffende koeling. Het comfort zal verbeteren doordat de stralingsasymmetrie afneemt (de zon kan niet meer direct op de aanwezigen in het gebouw schijnen. Tevens wordt het visueel comfort sterk verbeterd. Er wordt minder energie gebruikt door de koeling, maar er zal iets meer verlichtingsenergie nodig zijn.

ZTA (absolute zontoetredingsmaatregel)

De ZTA kan in de winter, lente en herfst, om goed gebruik te maken van de zonnewarmte, hoog zijn. Maar in de zomer moet deze voor een gebouw zonder zonwering laag zijn, om niet te veel koeling te bewerkstelligen. Omdat in dit geval het referentiegebouw geen zonwering heeft heeft het verlagen van de ZTA-waarde een positieve invloed op zowel de energie-efficiënte en het comfort.

Glasfractie op zuid gevel

Deze maatregel speelt een grote rol in veel ontwerpen. Een afname van de glasfractie (percentage glas van de hele gevel) zal warmteverliezen en –winsten doen afnemen en zoninstraling doen afnemen. In de meeste gevallen zal er minder energie nodig zijn in extreme klimatologische situaties. In het overgangsgebied hangt het af van onder andere de interne warmtelast of er energie bespaart wordt. Qua comfort zal eventuele stralingsasymmetrie door zoninstraling afnemen, wat een comfortverbetering is.

§ 5.4 Invloed van installatietechnische maatregelen

Warmteopwekking

Hierbij wordt een HR-ketel vergeleken met een warmtepomp. Een warmtepomp maakt van energie die een erg lage nuttigheidswaarde heeft (bijv. veel water in een bron van 18°C) energie met een hoge nuttigheidswaarde. Dit proces kost uiteraard ook weer energie (elektrisch). Deze energie is alleen gedefinieerd als de energie die benodigd is voor het opwekken van de warmte om in de behoefte van het gebouw te voorzien. De energie van het water in de bron wordt gezien als gratis energie. Zodoende kan er een behoorlijke energiebesparing gerealiseerd worden. Comfortconsequenties zullen naar verwachting uitblijven. Wel is er bij een warmtepomp als warmteopwekker vrijwel altijd sprake van een lage temperatuur verwarming (LTV).

Koudeopwekking

Deze simulatie vergelijkt een compressiekoelmachine met koudeopslag. Wanneer er koud water uit een buffer in de bodem gehaald kan worden, is er veel minder energie nodig voor het actieve koelproces. Comfortconsequenties zullen, net als bij de warmtepomp, naar verwachting uitblijven.

Stooklijn luchtbehandeling

De stooklijn van de luchtbehandeling geeft het verband tussen de buitentemperatuur en de inblaastemperatuur van de luchtbehandeling weer.

De instelling van de stooklijn van de luchtbehandeling heeft veel invloed op het comfort. Op bepaalde momenten is er zelfs ook veel energie te besparen met een optimale stooklijn ten

opzichte van en conventionele. Een uitgebreide theoretische beschouwing is beschikbaar in de ISSO-publicatie 68. De kern van deze beschouwing is dat er voorkomen moet worden dat er én centraal verwarmd, én lokaal gekoeld wordt. Dit levert een energiebesparing op en een aanmerkelijke comfortverbetering omdat er bij gelijktijdig koelen en verwarmen onder andere een te grote stralingsasymmetrie kan ontstaan.

Ventilatievoud

Het ventilatievoud geeft aan hoe vaak per uur de lucht in een ruimte ververscht wordt. Hieraan liggen wettelijke eisen ten grondslag die aangeven dat er in de kantooromgeving minimaal $1.0 \text{ dm}^3/\text{s}$ per m^2 bruto vloeroppervlak verse lucht toegevoerd moet worden [bouwbesluit]. Wanneer dit onnodig hoog wordt ingesteld zal er veel energie verloren gaan aan het verwarmen en koelen van de ventilatielucht. Ook zullen gebruikers hogere luchtsnelheden waarnemen waardoor zij eerder zullen klagen dat het te koud is in de ruimte. Dit heeft tot gevolg dat de temperatuursetpoints omhoog zullen gaan wat ook weer voor een hoger energiegebruik zal zorgen. Wat het comfort betreft kan er geen goede voorspelling gedaan worden. Enerzijds is het gunstig (vooral in het stookseizoen) dat de luchtsnelheid afneemt, maar anderzijds kan het daardoor minder behaaglijk zijn doordat eventuele vervuiling langer in het gebouw blijft.

Voorwaardelijke nachtventilatie

Bij veel klimaatinstallaties is het mogelijk om 's nachts onder bepaalde voorwaarden te ventileren. Dit is vooral aantrekkelijk in de zomer, om op die manier het gebouw te koelen in de nachtelijke uren. Dit kan veel energie besparen tijdens het koelen. Het comfort zal niet echt veranderen omdat die koeling anders geleverd werd door het koelsysteem.

Bevochtiging

Soms komt het voor dat van buiten toegevoerde lucht te droog is. Deze lucht wordt dan bevochtigd. Dit kost energie, maar komt ten goede van het comfort. Het is dus de uitdaging deze apparaten niet te vroeg (energie), maar ook niet te laat (comfort) in te schakelen. Het lager instellen van de minimale luchtvochtigheid levert een energiebesparing op. Het comfort zal nauwelijks beïnvloed worden gezien het feit dat recente onderzoeken uitwijzen dat een RV van 15% haalbaar is zonder een afname van het welbevinden.

6. Gebouwsimulatie

§ 6.1 Waarom gebouwsimulatie?

Eén van de conclusies in een TVVL-artikel in maart 2000 over simulaties van gebouwen en installaties is dat simulaties vooral nodig zijn bij het analyseren van nieuwe systemen. Zo kan voordat er ook maar iets gebouwd of gemaakt is toch een uitspraak gedaan worden over het (thermisch) gedrag, het (thermisch) comfort en het energiegebruik van een gebouw. De Vereniging voor Automatisering in de Bouw en Installatietechniek (VABI) heeft de afgelopen jaren diverse programma's op de markt gebracht die gebruikt kunnen worden voor statische berekeningen, bijvoorbeeld voor bepaling van vereiste verwarmings - en koelcapaciteiten. Later ontstond echter ook de behoefte aan dynamische simulatieprogramma's die ondertussen in de vorm van onder andere VA114 en Het Energie Neutrale Kantoor (h.e.n.k.) zijn verschenen. Dit is met name gekomen doordat het streven naar meer comfort en energie-efficiëntie heeft geleid tot ingewikkelder gebouwinstallaties waarin ieder restje energie benut wordt. Het is mogelijk om met deze installaties een hoger rendement te halen, maar het vereist een goede dimensionering en nauwkeurige regeling. Om deze complexe installaties goed te kunnen ontwerpen, inregelen en beheren, is het nodig om het gedrag van de combinatie gebouw / installatie te kunnen voorspellen. Dit kan met dynamische gebouwsimulatie. Dit wordt ook onderkend door de International Building Performance Simulation Association (IBPSA). Verder heeft bijvoorbeeld Arcadis in 2001 een beslissingsmodel ontwikkeld voor het 'softwarematig ontwerpen op basis van levenscycluskosten' [??]. In dit beslissingsmodel worden onder andere energiekosten voorspeld van een klimaatinstallatie. Op basis van deze kosten en de andere levenscycluskosten worden keuzes gemaakt tussen verschillende installatieconcepten. In de probleemstelling wordt gesproken over bouwkundige en installatietechnische maatregelen. Deze zijn inmiddels gedefinieerd in hoofdstuk 5. In deel I is ingegaan op de aspecten comfort en energiegebruik welke het andere belangrijke deel van de probleemstelling vormen.

§ 6.2 Referentiegebouw

De uitgevoerde simulaties zijn allemaal gebaseerd op een referentiegebouw dat voor het simulatieonderzoek gedefinieerd is. In het referentiegebouw is telkens één maatregel toegepast, terwijl verder het referentiegebouw niet veranderde, waardoor de invloed van deze ene maatregel zichtbaar wordt.

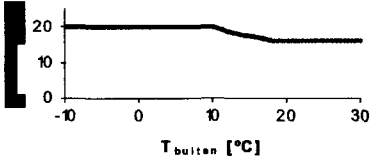
In bijlage I zijn de eigenschappen van dit gebouw opgenomen. Er is geprobeerd een standaard kantoorgebouw te benaderen. Dit omdat de Stork WorkSphere zich vooral op de utiliteitsbouw richt. Verder zijn er bouwfysische eigenschappen gekozen die relatief veel voorkomen om het onderzoek zoveel als mogelijk is van toepassing te doen zijn.

§ 6.3 Simulatiemaatregelen

De simulatie is uitgevoerd met de maatregelen zoals vermeld in tabel 6.1. De verantwoording van de keuze van deze maatregelen en een onderbouwing van de te verwachten resultaten door literatuuronderzoek zijn toegelicht in hoofdstuk 5.

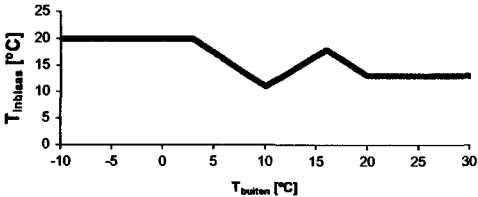
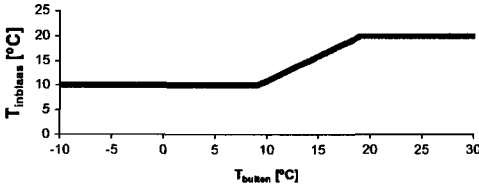
Invoergegevens

Maatregel	Referentie	Variatie
Bouwkundige maatregelen		
1. Specifiek werkzame massa (SWM)	200 kg / m ²	400 kg / m ²
2. Rc- waarde	3,0 m ² K / W	4,0 m ² K / W
3. Zonwering	Niet aanwezig	Schakel voorwaarden: dicht: 150 W/m ² open: 125 W/m ² ZTA _{zonwering} : 0,19 LTA _{zonwering} : 0,43 CF _{maatregel; zonwering} : 0,05
4. ZTA-waarde glas	0,7	0,4
5. Glasfractie in de zuidgevel	60%	20%
6. Bevochtiging	Minimale luchtvochtigheid: 40% RV	Minimale luchtvochtigheid: 20% RV

Installatietechnische maatregelen		
7. Warmteopwekking	HR-ketel (Hoge Temperatuur Verwarming; HTV)	Warmtepomp (Lage Temperatuur Verwarming; LTV)
8. Koudeopwekking	Compressiekoelmachine (Lage Temperatuur Koeling; LTK)	Koudeopslag in de bodem (Hoge Temperatuur Koeling; HTK)
9. Stooklijn luchtbehandeling	Conventioneel 	Optimaal (volgens ISSO 68) Zie tabel 6.2
10. Ventilatievoud	3,0 h ⁻¹	1,0 h ⁻¹
11. Voorwaardelijke nachtventilatie	niet	Voorwaarden: koeling d.m.v. buitenlucht: ja koeling d.m.v. luchtkoeler: nee aanschakelen als $T_{\text{binnen}} > 23 \text{ C}$ uitschakelen als $T_{\text{binnen}} > 18 \text{ C}$ aanschakelen als $T_{\text{binnen}} - T_{\text{buiten}} > 5 \text{ C}$ uitschakelen als $T_{\text{buiten}} < 5 \text{ C}$

Tabel 6.1 Invoergegevens

Opmerkingen bij de berekeningen

Maatregel	
Bouwkundige maatregelen	
1. Specifiek werkzame massa (SWM)	Geen
2. Rc- waarde	Geen
3. Zonwering	Geen
4. ZTA-waarde glas	Geen
5. Glasfractie in de zuidgevel	Geen
Installatietechnische maatregelen	
6. Warmteopwekking	Alleen uitgevoerd in h.e.n.k. In VA 114 bestaat niet de mogelijkheid om een ander warmteopwekkings-apparaat te selecteren.
7. Koudeopwekking	Alleen uitgevoerd in h.e.n.k. In VA 114 bestaat niet de mogelijkheid om een ander warmteopwekkings-apparaat te selecteren
8. Stooklijn luchtbehandeling	In VA 114 is een gedetailleerdere stooklijn ingevoerd dan in h.e.n.k. Dit omdat h.e.n.k. slechts een stooklijn met 2 punten toelaat. VA 114 daarentegen kan een 4-punts stooklijn aan. Stook- en koellijn (optimaal VA 114)  Stook- en koellijn (optimaal h.e.n.k.)  Deze stooklijn is bepaald met behulp van de stooklijnmodule bij VA114. De stooklijn die in h.e.n.k. is de vereenvoudigde versie van de stooklijn die in VA114 is gebruikt wegens invoerbependingen.
9. Ventilatievoud	Geen
10. Voorwaardelijke nachtventilatie	h.e.n.k. bied niet de mogelijkheid om voorwaardelijke nachtventilatie toe te passen. Daarom is bij deze berekening de natuurlijke ventilatie ingesteld op 3 h ⁻¹ , zodat de situatie min of meer werd nagebootst.
11. Bevochtiging	Geen

§ 6.4 Het Energie Neutrale Kantoor (h.e.n.k.)

Omschrijving

h.e.n.k. is een energieberekeningsprogramma voor het integraal ontwerpen van gebouwen en installaties in een vroeg ontwerpstadium. h.e.n.k. berekend de energiebehoefte en ontwerpvermogens voor verwarming, bevochtiging, verlichting, koeling, ventilatie en apparatuur, maar ook het primaire energiegebruik en de CO₂-uitstoot van een gebouw. Tijdens de conceptuele fase van het ontwerp bepaalt h.e.n.k. door optimalisatie de voorwaarden voor het meest energiezuinige ontwerp en brengt de gelijktijdigheid van de verschillende energiebehoefte in kaart. Door het programma te gebruiken wordt het voor adviseurs, architecten en opdrachtgevers makkelijker om bouwfysische en installatietechnische parameters op elkaar af te stemmen en risico- analyses uit te voeren.

Input

Omdat h.e.n.k. gebruikt wordt in een vroege fase van het voortbrengingsproces van een gebouw (zie figuur 6.2), is de input grofstoffelijk. Er worden in die vroege fase alleen nog maar beslissingen genomen over bijvoorbeeld de vorm van het gebouw en er wordt conceptueel over de klimaatinstallatie nagedacht. Niettemin zijn dit invloedrijke beslissingen en dienen goed en overwogen gemaakt te worden, omdat dit in een latere fase niet meer te veranderen is. De berekeningen die het programma maakt worden voor een totaal gebouw gemaakt, er worden geen berekeningen gemaakt op bijvoorbeeld vertrekniveau.

De input bestaat globaal uit de volgende gegevens:

- functie van het gebouw
- bouwkundige eigenschappen van het hele gebouw
- bouwkundige eigenschappen van de gevels
- fysische eigenschappen van de ramen
- gegevens van de installatie

Output

h.e.n.k. genereert na een berekening 5 rapporten, te weten:

- ontwerprapport
- ventilatierapport
- verbruikrapport
- milieu- en comfortrapport
- energiefunctie

In het ontwerprapport worden globale ontwerpvermogens weergegeven voor verwarming, koeling, bevochtiging, ventilatie, verlichting en apparaten. Het ventilatierapport presenteert de vereiste ventilatie voor het hele gebouw. Het verbruikrapport, milieu- en comfortrapport en energiefunctie geven informatie over aardgasverbruik, elektriciteitsverbruik, CO₂-uitstoot en een indicatie van de EPC van het gebouw.

Voor uitgebreide informatie wordt verwezen naar bijlage 2 en de handleiding van h.e.n.k.

§ 6.5 VA 114 gebouwsimulatie

Algemene Omschrijving

Het VABI programma VA 114 gebouwinstallatie is een dynamisch model voor de berekening van temperaturen, temperatuuroverschrijdingen, gewogen onder- en overschrijdingsuren en warmte- en koudebehoeften in vertrekken.

Het is een meerkamermodel met interactie tussen de buurvertrekken. Tevens is het mogelijk om in de berekening de invloed van schaduwgevende geveldelen en omliggende schaduwgevende gebouwen mee te nemen.

Verschillende soorten klimaatinstallaties en regelingen kunnen worden gesimuleerd. Ook is het mogelijk om op te geven voor welk deel van het jaar de berekeningen moeten worden uitgevoerd, tijdens welke uren de overschrijdingen geteld moeten worden en welke temperaturen de grenswaarden vormen voor de overschrijdingen. Tevens is het mogelijk om de geometrie van het te simuleren gebouw in te lezen vanuit CAD-programma's. Voor deze simulaties zijn de versies 2.14 (gebouwbehoefteprofielen; stooklijnen) en 2.16 (simulaties van meerdere vertrekken) gebruikt.

Input

De benodigde input voor VA 114 is vele malen uitgebreider dan bij h.e.n.k. In grote lijnen moet het volgende ingevoerd worden:

- projectgegevens
- geometrie
- zonegegevens
 - installatiegegevens
 - opwekking
 - distributie
luchthoeveelheden / debietregeling
 - afgifte
1^{ste} en 2^{de} net kunnen worden opgegeven
keuze uit: fancoil / radiatoren / inductie / lokale opwekking
 - regeling
stooklijnen (lucht, CV en GKW) / luchtvochtigheid / voorwaardelijke nachtventilatie
- vertrekgegevens
 - Interne Warmte Productie gegevens (IWP)
Apparatuur / Armaturen / Personen
 - wandgegevens
 - wandconstructies
Opgave van verschillende lagen mogelijk (bijv. steen, spouw, isolatie, beton)
Rc-waarde / laagdikte
 - raamconstructies
U-waarde / ZTA / LTA / CF / dikte / zonwering
 - dakkapellen

- vloergegevens
idem als wandconstructies
- plafond- / dakgegevens
idem als wandconstructies
- Lokale Verwarming en Koeling (LVK)
- Roosters
- Luchtwisseling met omgeving

Output (zie bijlage 4 VABI rapportage referentiekantoor)

Wanneer alle gegevens ingevoerd zijn kan er opgegeven worden welke gegevens uit de berekening moeten komen. Dit wordt opgegeven in het scherm dat is weergegeven in figuur 6.1. Bij de rapportage die is weergegeven in bijlage 4 waren dezelfde uitvoerkeuzes gemaakt als in figuur 6.1.

Uitvoer

Keuze uitvoer:

Voorblad

Gebouw weergave

vertrekken:

Invoer

Stooklijnen printen

Dagoverzicht

Maandoverzicht

Jaaroverzicht

Samenvatting invoer

Samenvatting uitvoer

Uitvoer in

NEDERLANDS

Weergave isometrisch

bouwlagen per pagina

3

Ring doorrekenen

Stooklijnen

Oppervlakte temp.

Visualisatie gegevens

Ventilatiestromen

Start met pagina nr.

1

Uitvoer gaat naar

SCHERM

Start uitvoer

Fig. 6.1 Uitvoermogelijkheden VA 114

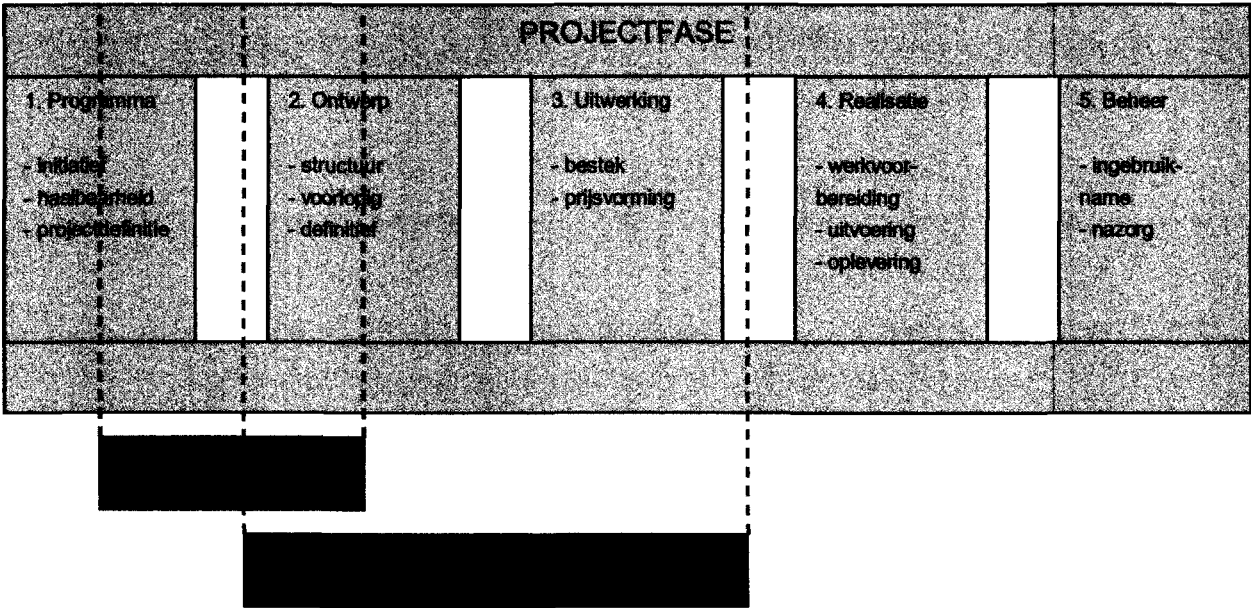


Fig. 6.2 Weergave van de plaats van de gebouwsimulatieprogramma s in het totale bouwtraject.

7. Simulatieresultaten

§ 7.1 Algemene toelichting bij de resultaten

- De resultaten zijn weergegeven in tabellen en grafieken.
- In de resultaten zijn de veranderingen weergegeven ten opzichte van de referentieberekening.
- De parse grafieken geven aan dat het een VA114 berekening betreft, de blauwe dat het een h.e.n.k berekening betreft.
- De 'waarden' die op de x- as zijn weergegeven zijn de maatregelen die gesimuleerd zijn. Bij iedere 'waarde' is te zien wat de invloed is van één bepaalde bouwkundige of installatietechnische maatregel op comfort en energiegebruik.
- De waarde 'totaal' geeft aan wat de invloed is van het totale pakket aan bouwkundige en installatietechnische maatregelen die zijn gesimuleerd.
- De waarde 'totaal_2' geeft aan wat de invloed is van de maatregelen die een positief effect bleken te hebben op het energiegebruik, dus een besparing opleveren.

§ 7.2 Invloed op comfortprestatie

Zie hoofdstuk 2 voor toelichting van PMV- waarden.

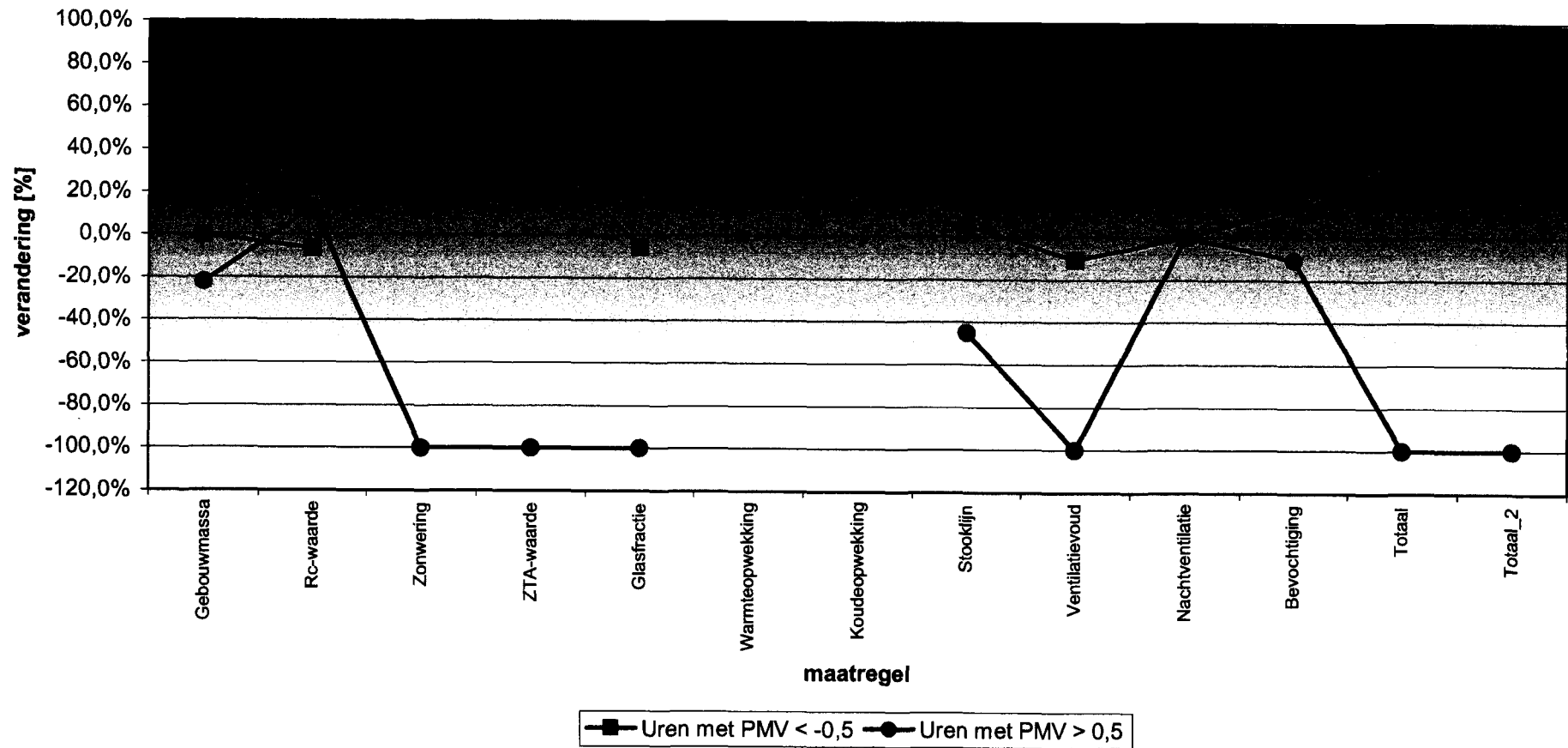
Maatregel:	Procentuele verandering van het aantal uren met PMV < -0,5 t.o.v. de referentie	Procentuele verandering van het aantal uren met PMV > 0,5 t.o.v. de referentie
Gebouwmassa	-0,3 %	-22,2 %
Rc- waarde	-6,4 %	12,9 %
Zonwering	75,3 %	-100,0 %
ZTA- waarde	46,7 %	-100,0 %
Glasfractie	-5,6 %	-100,0 %
Warmteopwekking	-	-
Koudeopwekking	-	-
Stooklijn	5,4 %	-44,7 %
Ventilatievoud	-10,6 %	-100,0 %
Nachtventilatie	0,0 %	0,0 %
Bevochtiging	13,9 %	-10,5 %
Totaal	39,2 %	-100,0 %
Totaal_2	-34,9 %	-100,0 %

Tabel 7.2

Toelichting bij resultaten comfort:

- De comfortprestaties zijn alleen met VA114 berekend.
- Het streven is om het aantal uren waarin PMV < -0,5 en PMV > 0,5 zo laag mogelijk te laten zijn. Bij deze resultaten gaat het dus om een zo groot mogelijke daling (een negatieve verandering) van dat aantal uren.
- In de invoer van VA114 is het niet mogelijk om de warmte- en koudeopwekking te variëren. Om deze reden zijn in de tabel geen resultaten weergegeven.
- In de referentie waren er 1325 gewogen overschrijdingsuren (PMV < -0,5).
- In de referentie waren er 57 gewogen overschrijdingsuren (PMV > 0,5).

Procentuele verandering van de uren met onacceptabele PMV- waarden



Grafiek 7.2

§ 7.3 Invloed op energievraag van het gebouw

Met zowel h.e.n.k. als VA114 is berekend wat de energievraag ten behoeve van het klimatiseren van het gebouw is. In de tabel is weergegeven welke procentuele besparing t.o.v. de referentie er gerealiseerd wordt bij het nemen van een bepaalde maatregel.

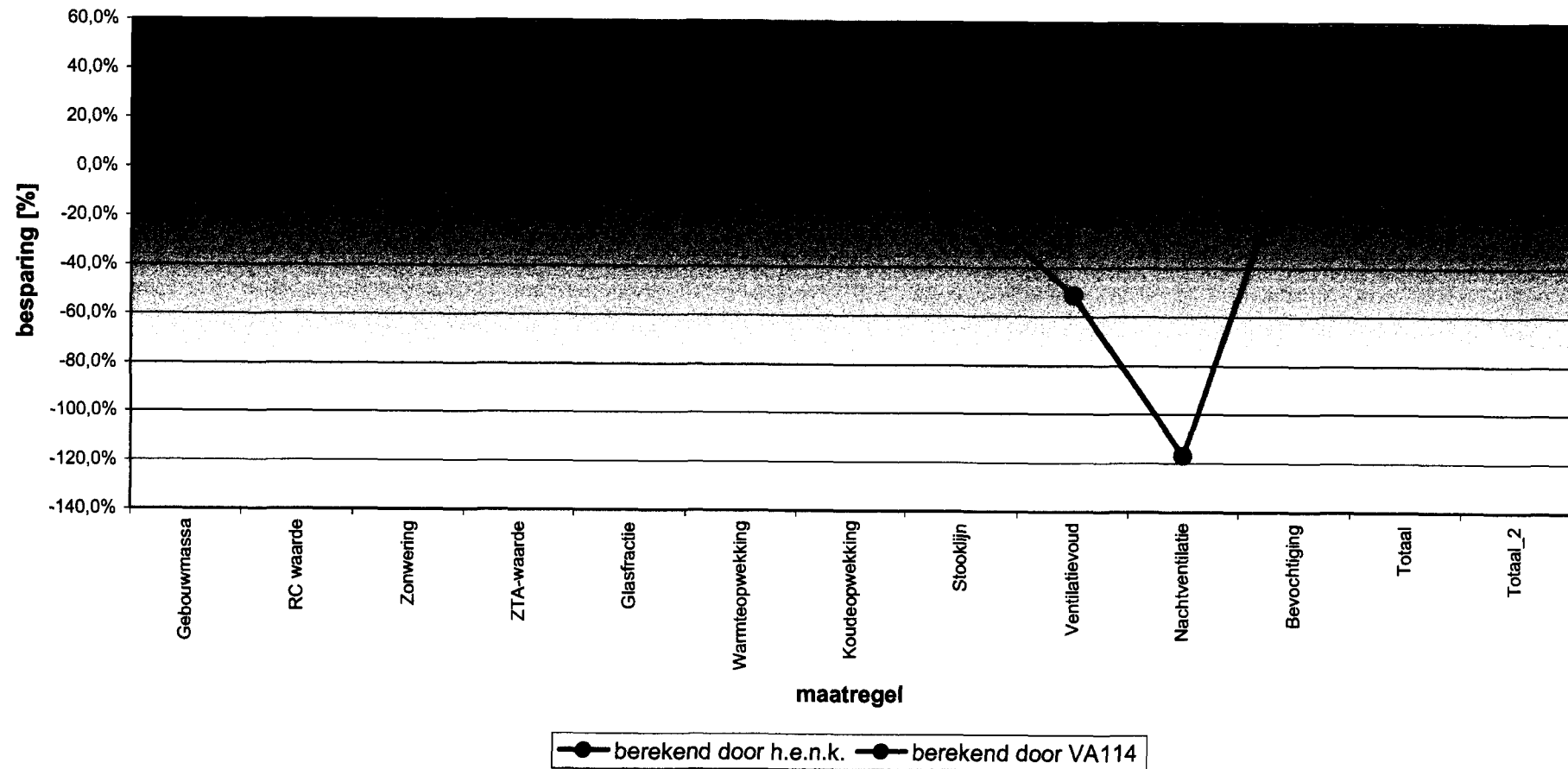
Maatregel	Procentuele besparing t.o.v. de referentie h.e.n.k.	Procentuele besparing t.o.v. de referentie VA114
Gebouwmassa	12,7 %	0,4 %
RC waarde	2,9 %	0,7 %
Zonwering	3,0 %	12,0 %
ZTA- waarde	-1,5 %	11,3 %
Glasfractie	19,9 %	21,3 %
Warmteopwekking	0,0 %	-
Koudeopwekking	0,0 %	-
Stooklijn	-10,9 %	-3,1 %
Ventilatievoud	-51,5 %	32,5 %
Nachtventilatie	-116,9 %	0,0 %
Bevochtiging	13,9 %	12,5 %
Totaal	-20,6 %	44,2 %
Totaal_2	46,9 %	48,6 %

Tabel 7.3

Toelichting bij resultaten energievraag:

- De warmte- en koudeopwekking hebben sowieso geen invloed op de energievraag van het gebouw.
- In de tabel zijn de verschillen te zien tussen de h.e.n.k. berekening en VA114 berekening. De verschillen komen ook terug in de berekeningen van 'totaal_2'. De maatregelen die energiebesparend bleken te zijn uit de h.e.n.k.- berekening, vormen samen het pakket van maatregelen van 'totaal_2'. Bij de VA114 berekening bleken dit andere maatregelen te zijn, om deze reden bestaat het 'totaal_2' van VA114 dan ook andere maatregelen.
- Omdat het een VA114 berekening betreft, zijn de resultaten van warmte- en koudeopwekking niet weergegeven.
- De absolute energievraag ten behoeve van de klimaatinstallatie van de referentie was volgens h.e.n.k. 2027 GJ/jaar.
- De absolute energievraag ten behoeve van de klimaatinstallatie van de referentie was volgens VA114 1603 GJ/jaar.

Procentuele besparing van energievraag t.o.v. referentie



Grafiek 7.3

§ 7.4 Invloed op EPC van het gebouw

Het programma h.e.n.k. geeft een schatting van de EPC dat wordt weergegeven door middel van een minimum- en een maximum- waarde. Binnen die waarde zal de EPC komen te liggen met de huidige invoergegevens. De uiteindelijke waarde van de EPC is afhankelijk van verdere installatietechnische en bouwkundige details. In de resultaten is omwille van de duidelijkheid alleen de minimale waarde weergegeven.

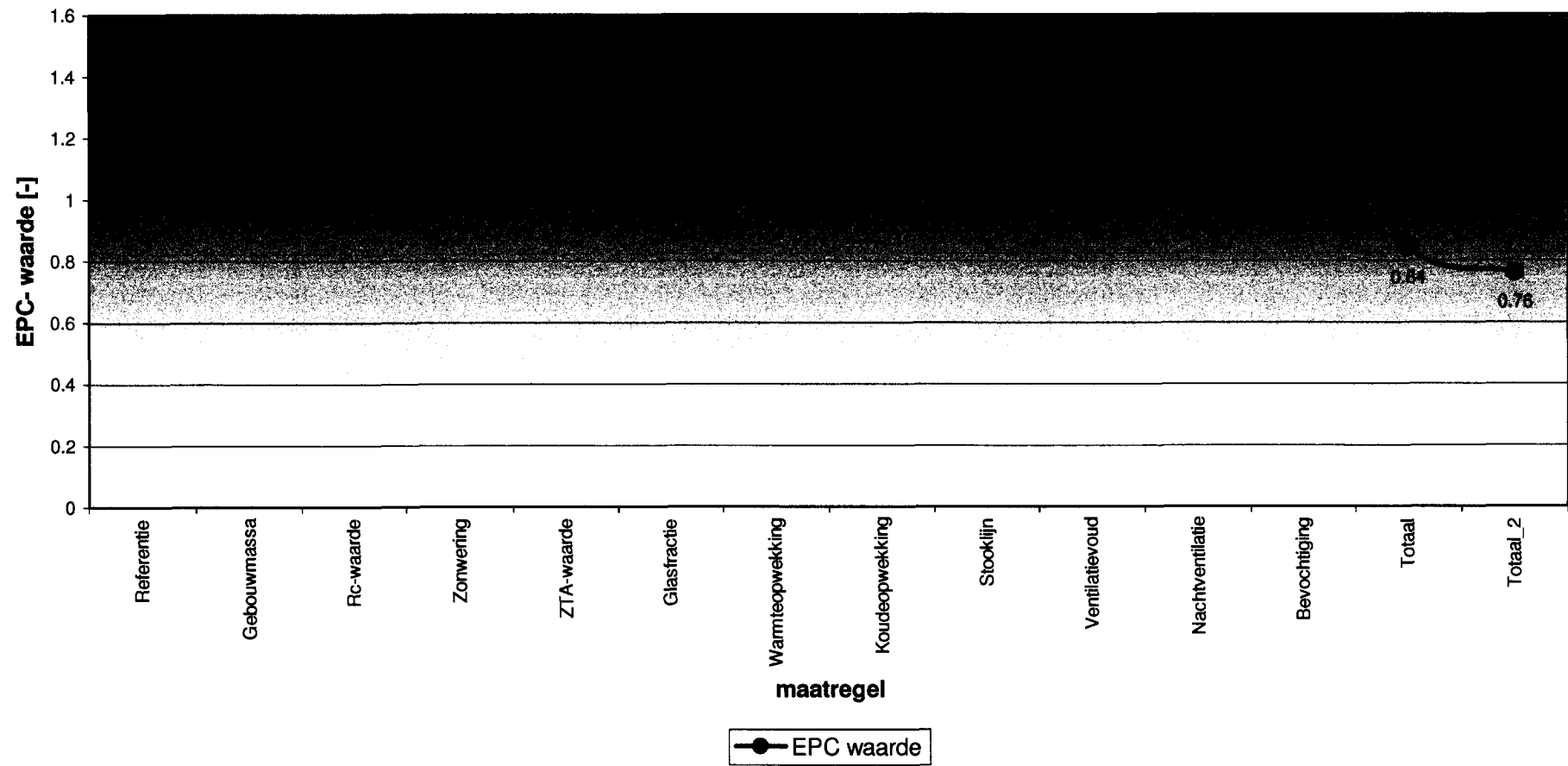
Factor	EPC- waarde bepaald door h.e.n.k.
Referentie	1,43 [-]
Gebouwmassa	1,43 [-]
RC waarde	1,39 [-]
Zonwering	1,45 [-]
ZTA- waarde	1,44 [-]
Glasfractie	1,23 [-]
Warmteopwekking	1,09 [-]
Koudeopwekking	1,37 [-]
Stooklijn	1,41 [-]
Ventilatievoud	1,31 [-]
Nachtventilatie	1,49 [-]
Bevochtiging	1,34 [-]
Totaal	0,84 [-]
Totaal_2	0,76 [-]

Tabel 7.4

Toelichting bij resultaten EPC- waarde:

- Deze resultaten geven geen procentuele verandering weer maar de absolute EPC- waarde. De referentie is ook in de tabel weergegeven.

Energie Prestatie Coefficient



Grafiek 7.4

§ 7.5 Invloed op aardgas- en elektriciteitsgebruik van het gebouw

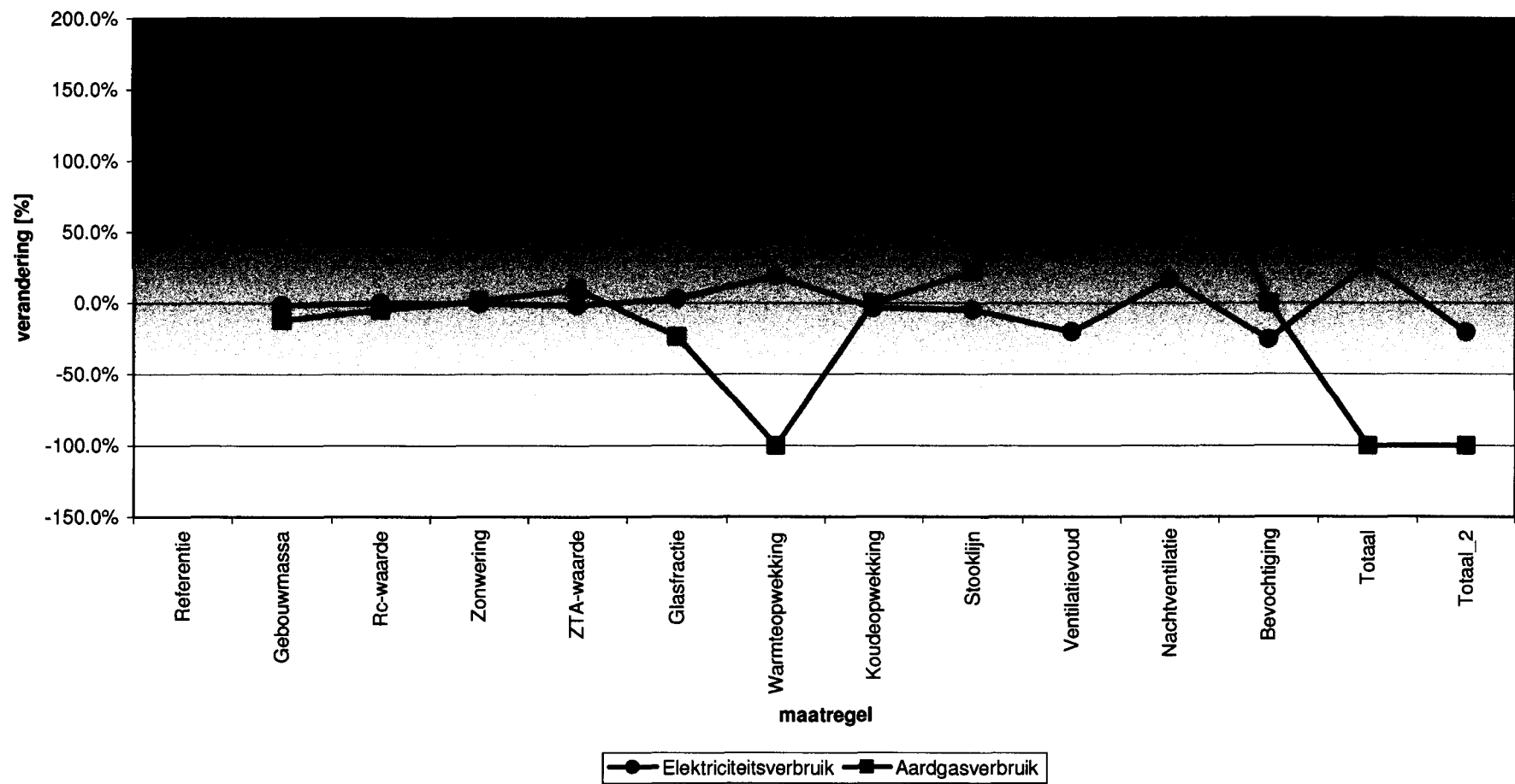
Variabele	Procentuele verandering van het aardgasgebruik t.o.v. de referentie	Procentuele verandering van het elektriciteitsgebruik t.o.v. de referentie
Gebouwmassa	-11,7 %	-1,6 %
RC waarde	-5,0 %	0,1 %
Zonwering	1,7 %	-0,2 %
ZTA- waarde	9,8 %	-1,7 %
Glasfractie	-23,9 %	3,0 %
Warmteopwekking	-100,0 %	18,8 %
Koudeopwekking	0,0 %	-3,6 %
Stooklijn	21,8 %	-5,1 %
Ventilatievoud	90,0 %	-20,4 %
Nachtventilatie	163,2 %	16,5 %
Bevochtiging	0,0 %	-25,7 %
Totaal	-100,0 %	27,3 %
Totaal_2	-100,0 %	-20,7 %

Tabel 7.5

Toelichting bij resultaten aardgas- en elektriciteitsgebruik:

- In de invoer van VA114 is het niet mogelijk om de warmte- en koudeopwekking te variëren. Om deze reden zijn in de tabel geen resultaten weergegeven.
- Het absolute aardgasgebruik in de referentie is berekend op 46345 m³/jaar.
- Het absolute elektriciteitsgebruik in de referentie is berekend op 469230 kWh/jaar.

Aardgas- en elektriciteitsverbruik



Grafiek 7.5

§ 7.6 Invloed op CO₂- uitstoot van het gebouw

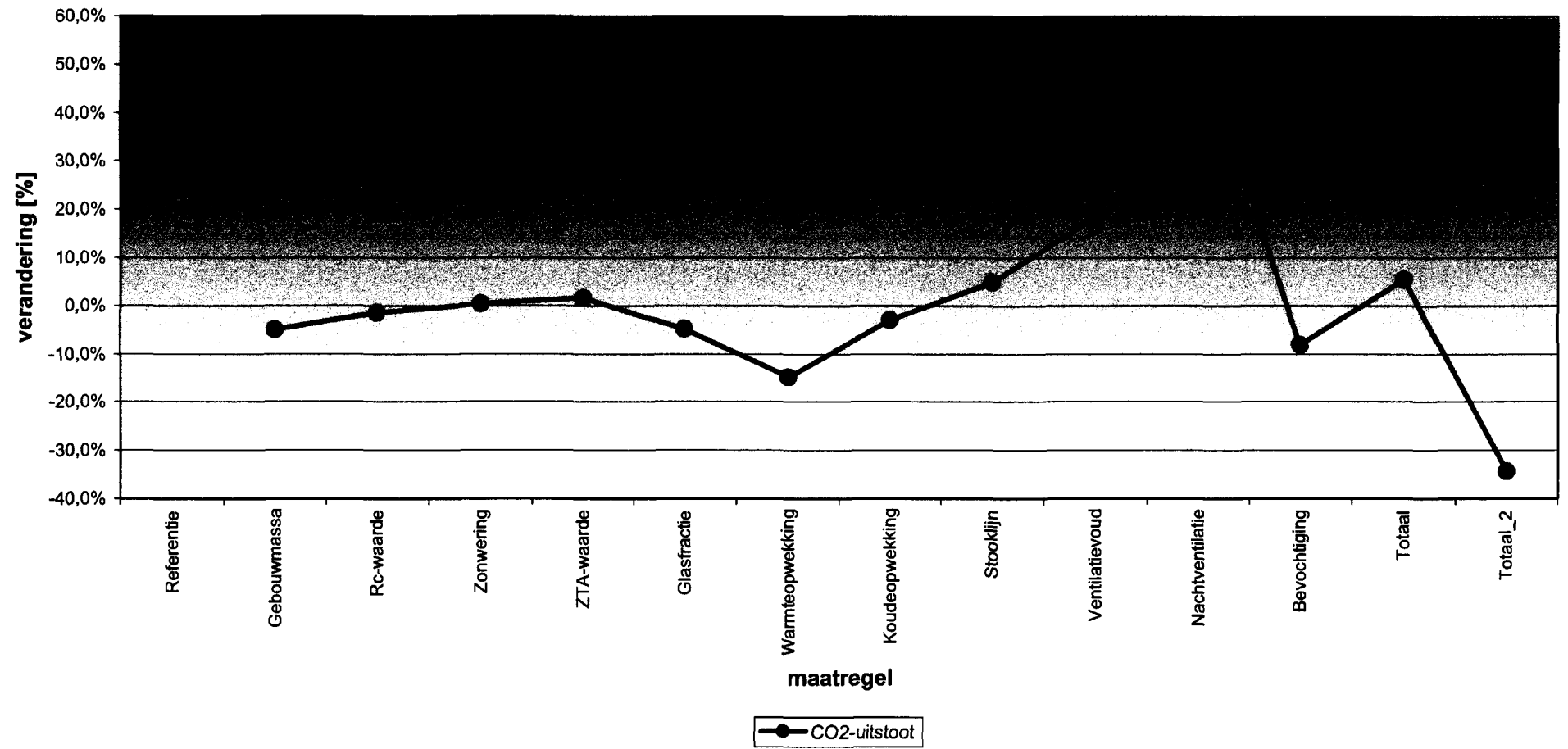
Variabele	Procentuele verandering van de CO ₂ - uitstoot t.o.v. de referentie
Gebouwmassa	-4,9 %
RC waarde	-1,4 %
Zonwering	0,4 %
ZTA- waarde	1,6 %
Glasfractie	-4,8 %
Warmteopwekking	-14,8 %
Koudeopwekking	-3,0 %
Stooklijn	4,8 %
Ventilatievoud	18,3 %
Nachtventilatie	54,7 %
Bevochtiging	-8,1 %
Totaal	5,5 %
Totaal_2	-34,3 %

Tabel 7.6

Toelichting bij resultaten CO₂- uitstoot:

- Deze resultaten zijn weergegeven omdat de belangrijkste reden voor het verminderen van het energiegebruik het verminderen van de CO₂- uitstoot is.
- De absolute CO₂- uitstoot is in de referentie berekend op 301 ton/jaar.

Procentuele verandering van de CO₂ - uitstoot t.o.v. de referentie



Grafiek 7.6

DEEL III PRAKTIJKONDERZOEK

8. Praktijkcase

§ 8.1 Projecten Stork WorkSphere

Stork WorkSphere voert op dit moment diverse projecten uit die betrekking hebben op energiebesparing en comfortverbetering. Zo is men in samenwerking met TNO Bouw bezig met het energetisch optimaal instellen van stooklijnen bij bepaalde projecten. Ook neemt Stork WorkSphere deel aan MJA-gebruikersgroepen. Deelnemers aan een MJA-gebruikersgroep zijn gebouwbeheerders vanuit een bepaalde sector, bijvoorbeeld het bank- en verzekeringswezen. Zij hebben als sector een meerjarenafspraken gemaakt met SenterNovem [hoofdstuk 3]. Elke deelnemer van zo'n groep gaat onder begeleiding van TNO Bouw en Stork WorkSphere de comfort én energieprestaties van een klimaatinstallatie in een bepaald gebouw bestuderen, en indien nodig aan verbetering werken.

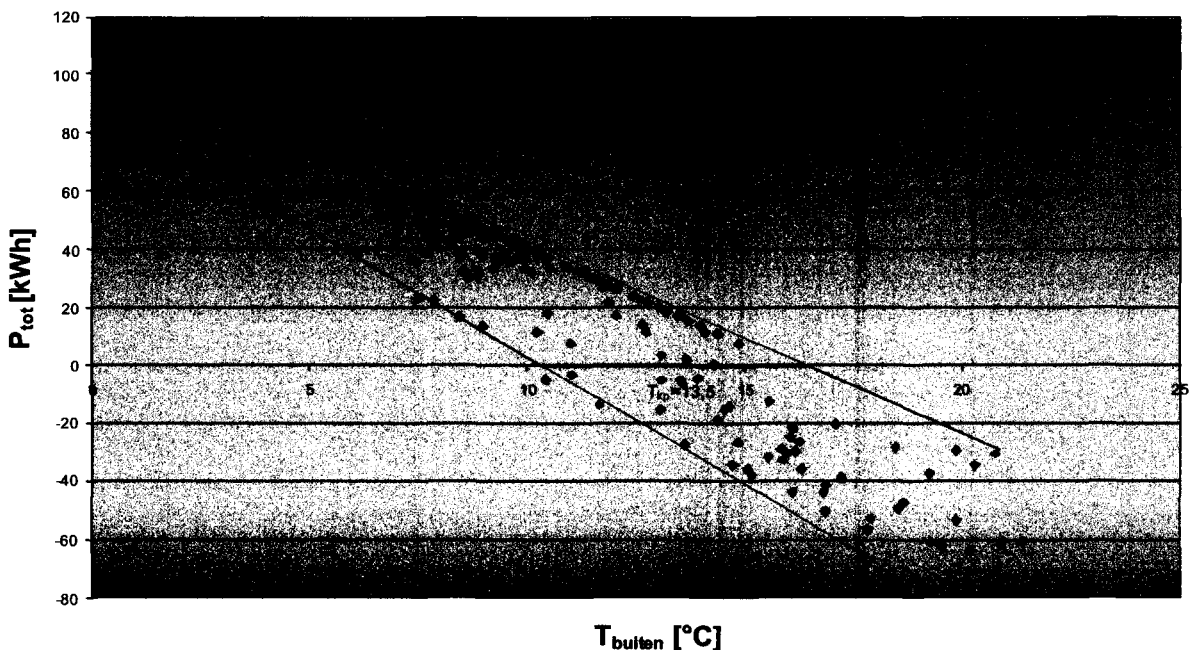
Het project Interpay is een voorbeeld van de projecten die nu door Stork WorkSphere in samenwerking met TNO Bouw uitgevoerd worden [5]. Daar heeft men de stooklijnen geoptimaliseerd zoals beschreven in ISSO publicatie 68.

§ 8.2 Werkwijze

Allereerst worden de energiestromen gemeten. Dit is van fundamenteel belang voor het inzicht krijgen in het functioneren van een installatie. Dit meten levert het gebouwbehoefteprofiel op.

Het gemeten gebouwbehoefteprofiel is weergegeven in onderstaande figuur. Deze metingen zijn gedaan met warmtemeters, die eenvoudig te bevestigen en uit te lezen zijn.

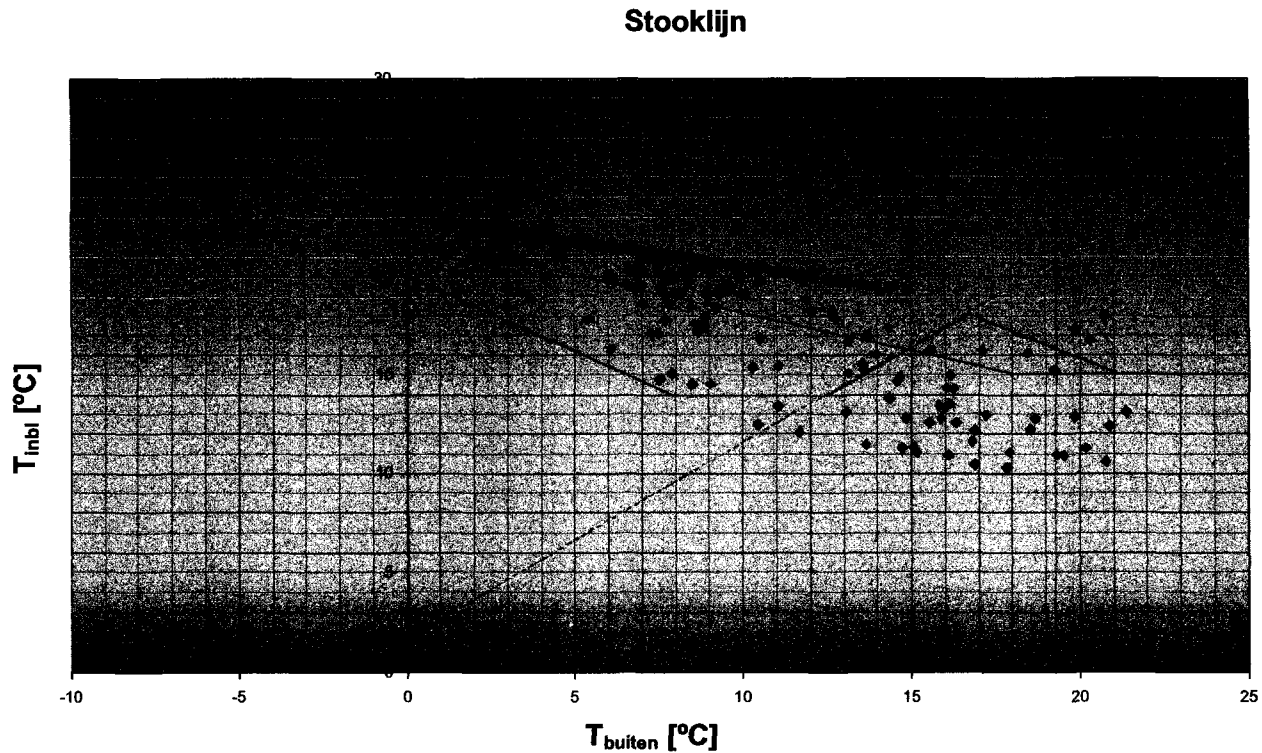
Gebouwbehoefteprofiel



Figuur 8.1 Gebouwbehoefteprofiel Interpay

§ 8.3 Stooklijnverstelling

Nadat het gebouwbehoefteprofiel bepaald is middels metingen is de grafiek van het gebouwbehoefteprofiel omgezet naar een grafiek waarin de stooklijn luchtbehandeling weergegeven is. De overige punten geven aan met welke temperatuur de luchtbehandelingskast in zou moeten blazen om het gebouw van voldoende energie te voorzien.



Figuur 8.2 Stooklijn Interpay

DEEL IV BEVINDINGEN

Bevindingen

Literatuuronderzoek

Het samenspel tussen gebouw en installatie om een goed binnenklimaat te creëren is vooral in het overgangsgedebied veranderd door de ontwikkelingen in de gebouwde omgeving. (combinatie H1 en H3).

Functioneel denken kan goed toegepast worden in de installatiesector. Simpele en ingewikkelde installatieconcepten hebben dezelfde basisstructuur.

De functie van klimaatinstallaties in gebouwen worden onderschat. De effecten van een goed binnenklimaat op de gezondheid, ongevallen, ziekteverzuim, productiviteit en welbevinden zijn overwegend positief.

Verdere aanscherping van de EPN heeft tot gevolg dat er steeds meer installaties worden gemaakt die te potentie in zich hebben om energie- efficiënt te functioneren. Echter, doordat het ontwerp, beheer en controle van de installatie veel kennis vraagt, en dit vaak niet aanwezig is, presteren gebouwen misschien nog wel slechter als in een situatie waarbij voor een standaard oplossing gekozen wordt. M.a.w.: waar zijn we mee bezig?

Stork WorkSphere bezit veel kennis over het presteren van klimaatinstallaties. Vaak bieden bestekken weinig ruimte voor het inbrengen van die kennis.

Het inregelen en optimaliseren van klimaatinstallaties is in de praktijk vaak een ondergeschoven kindje. Dit is geen goede zaak. Dit zorgt ervoor dat klimaatinstallaties die goed ontworpen zijn toch slechte comfort- en energieprestaties hebben.

Simulatieonderzoek

Comfort

Uit de waarden van de procentuele verandering van de PMV- waarden die met behulp van de computersimulatie bepaald zijn is het volgende af te leiden:

- Het verhogen van de gebouwmassa van 200 kg/m^2 naar 400 kg/m^2 zorgt voor een afname van ruim 22 % van het aantal gewogen overschrijdingsuren. Het aantal gewogen onderschrijdingsuren blijft vrijwel gelijk. Het aantal personen dat het (een beetje) te warm heeft daalt dus en het aantal personen dat het (een beetje) te koud heeft blijft gelijk.
- Een Rc- waarde van $4 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ t.o.v. $3 \text{ m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$ zorgt voor een stijging van het aantal overschrijdingsuren van bijna 13 %. Het aantal onderschrijdingsuren daalt met ruim 6 %. Het verhogen van de Rc- waarde zorgt er dus voor dat meer mensen het (een beetje) warm hebben en minder mensen (een beetje) koud.

- Het toepassen van zonwering zorgt ervoor dat er géén gewogen overschrijdingsuren meer zijn. De gewogen onderschrijdingsuren laten echter een sterke stijging van ruim 75 % zien.
- De ZTA- waarde verlagen van 0,7 naar 0,4 heeft ongeveer hetzelfde effect als het toepassen van zonwering. Hierbij worden de gewogen overschrijdingsuren ook geminimaliseerd en de onderschrijdingsuren nemen toe met 47 %.
- De glasfractie in de zuidgevel verlagen van 60 % naar 20 % zorgt voor zowel voor een daling van het aantal onderschrijdingsuren (bijna 6 %) en het aantal overschrijdingsuren (100 %). Dus op beide vlakken een comfortverbetering.
- De warmteopwekking en koudeopwekking hebben vanzelfsprekend geen invloed op het thermisch comfort in het gebouw.
- De stooklijnoptimalisatie zorgt voor een vermindering van het aantal 'te warm' klachten. Het aantal overschrijdingsuren daalt met ca. 45 %. De onderschrijdingsuren zijn met ruim 5 % licht gestegen.
- Het toepassen van voorwaardelijke nachtventilatie heeft geen invloed op de comfortbeleving in het gebouw.
- Het verlagen van het setpoint van RV van 40% naar 20% heeft een positief effect op het aantal overschrijdingsuren en een negatief effect op het aantal onderschrijdingsuren. Het aantal overschrijdingsuren daalt met bijna 11%, het aantal onderschrijdingsuren stijgt met bijna 14%.
- Wanneer alle (11) maatregelen ('berekening totaal') worden doorgevoerd, dan zal dit ten gunste zijn van het aantal overschrijdingsuren, die 100% zullen afnemen. Het aantal onderschrijdingsuren is echter behoorlijk gestegen, nl. met bijna 40 %.
- Wanneer de maatregelen die uit VA114 energiebesparend bleken ('totaal_2') worden doorgevoerd, heeft dit een zeer positief effect op zowel de onder- als de overschrijdingsuren. Onderschrijdingsuren dalen met bijna 35%, overschrijdingsuren dalen met 100%.

Hoewel in de resultaten de procentuele verandering is weergegeven, is het van belang om te weten wat er absoluut met het aantal uren gebeurt. In het referentiegebouw waren er 57 gewogen overschrijdingsuren; dit is binnen huidige geldende de norm. Bij het doorvoeren van de verschillende variabelen is gebleken dat alleen de Rc- waarde zorgt voor een verhoging van de gewogen overschrijdingsuren, maar dit zou nog binnen de norm vallen. Anders is het met het absolute aantal gewogen onderschrijdingsuren, die maar liefst op 1325 (!) uur werden berekend. Het doorvoeren van de maatregelen van 'totaal_2' zorgen voor een daling van het aantal onderschrijdingsuren van bijna 35 %, waarbij het aantal onderschrijdingsuren op 861 uur komt.

Energie

De berekeningsprogramma's vertonen aanzienlijke verschillen in de berekening met betrekking tot de energievraag. De energievraag van het referentiekantoor werd door VA114 berekend op 1603 GJ/jr. terwijl h.e.n.k. op 2027 GJ/jr. uitkwam. Een verschil van zo'n 26 %. Uit de resultaten met betrekking tot energievraagbesparing is het volgende af te leiden:

- Het verhogen van de gebouwmassa van 200 kg/m² naar 400 kg/m² heeft volgens VA114 weinig effect: een besparing van nog geen 0,5 %. Volgens h.e.n.k. echter levert het een besparing van bijna 13 % op.
- Verhoging van de Rc-waarde is volgens beide programma's weinig van invloed. H.e.n.k. berekend een besparing van bijna 3 % terwijl VA114 de besparing op nauwelijks 1 % bepaald.
- Het toepassen van zonwering levert volgens h.e.n.k. 3 % besparing op, volgens VA114 12%.
- Het verlagen van de ZTA-waarde van 0,7 naar 0,4 levert volgens VA114 een besparing op van ruim 11%. H.e.n.k. berekend juist een lichte toename van het energiegebruik.
- Het verlagen van de glasfractie op de zuidgevel van 60% naar 20% heeft een positief effect op de energievraag. VA114 berekend een besparing van ruim 21% en h.e.n.k. van 19,9%.
- Het toepassen van duurzame warmteopwekking, zoals de warmtepomp, heeft geen effect op de energievraag.
- Het toepassen van duurzame koudeopwekking, zoals koudeopslag, heeft geen effect op de energievraag.
- Stooklijnoptimalisatie heeft volgens beide programma's een negatief effect op de energievraag. VA114 berekend een toename van de energievraag van 3%, terwijl h.e.n.k. de toename om bijna 11% berekend.
- Verlagen van het ventilatievoud wordt door de programma's erg verschillend berekend. VA114 berekend een besparing van maar liefst 33% en h.e.n.k. een toename van de energievraag van ruim 50 %.
- Ook het toepassen van voorwaardelijke nachtventilatie wordt nogal verschillend berekend. H.e.n.k. berekend weer een forse toename (116 %) en volgens VA114 heeft het geen effect.
- Het verlagen van het bevochtigings setpoint van 40% naar 20% RV levert een besparing van zo'n 13% op. Dit wijzen de berekening van VA114 en h.e.n.k. beiden uit.
- De berekening 'totaal' vertoont een groot verschil tussen VA114 en h.e.n.k. VA114 berekend een besparing van ruim 44%, terwijl h.e.n.k. een negatieve besparing van 21% bepaald.
- Na het doorvoeren van de maatregelen die een positief effect hadden op de energievraag, die zoals vermeld voor VA114 en h.e.n.k. verschillend waren, komen de berekeningen bijna op hetzelfde resultaat. VA114 berekend een besparing van bijna 49% en h.e.n.k. van bijna 47%.

In het verlengde van de resultaten van energievraag zijn in hoofdstuk 7 ook de resultaten gepresenteerd met betrekking tot de EPC-waarde, het aardgas- en elektriciteitsgebruik en de CO₂ uitstoot. De trend die zichtbaar is bij de resultaten van energievraag komt ook weer terug in resultaten van EPC, aardgasgebruik en CO₂, daarom zal hier niet verder op in

gegaan worden. Alleen zij hier vermeld dat de maatregelen 'warmteopwekking' en 'koudeopslag' een lager primair energiegebruik hebben en een lagere CO₂ emissie.

Praktijkonderzoek

In tegenstelling tot wat het simulatieonderzoek laat zien, blijkt dat het optimaliseren van de stooklijn van de inblaaslucht energetisch een positief effect heeft op het energiegebruik van de klimaatinstallatie. Over de comfortverbetering kan geen uitspraak gedaan worden, omdat daar geen onderzoek naar verricht kon worden. De conclusies uit het literatuuronderzoek en het praktijkonderzoek komen echter wel weer met elkaar overeen. De theorie in de publicaties van de laatste jaren over stooklijn optimalisatie is door het project 'Interpay' wederom in de praktijk bewezen.

Conclusie

De vraagstelling *Wat is de invloed van installatietechnische en bouwkundige maatregelen op de comfort- en energieprestatie van een gebouw?* is in dit onderzoek de rode draad geweest.

De bevindingen tijdens het onderzoek zijn in het voorgaande hoofdstuk naar voren gebracht. In deze bevindingen is naar voren gekomen dat zowel de installatietechnische als bouwkundige maatregelen grote invloed hebben op de comfort- en energieprestatie van een gebouw. Vrijwel alle maatregelen hebben het verwachte effect zoals beschreven in de hypothesen voor het simulatieonderzoek in hoofdstuk 5.

Ook het kwantificeren van de bouwkundige en installatietechnische maatregelen is geslaagd. Deze conclusie geeft te meer aan hoezeer er vroegtijdige samenwerking tussen klimaattechnische en bouwkundige partijen vereist is tijdens een ontwerp. Ook geeft deze conclusie aan dat keuzes van de ene partij wel degelijk invloed hebben op het ontwerp van de andere partij.

De subdoelstelling van dit onderzoek *Bewijzen met behulp van simulatie en een praktijkcase dat thermische comfortverbetering en energiebesparing samen op kunnen gaan* is eveneens bereikt met dit onderzoek. Dit komt vooral naar voren in het resultaat van alle energiebesparende maatregelen (totaal 2). Maatregelen die het comfort verbeteren en een energiebesparing opleveren zijn:

- Bouwkundige maatregelen: het verhogen van de gebouwmassa en het verlagen van de glasfractie in de gevels.
- Installatietechnische maatregel: het verlagen van de minimale luchtvochtigheid.

Verdergaande conclusies zijn dat het samenspel tussen gebouw en installatie om een goed binnenklimaat te creëren vooral in het overgangsgebied is veranderd door de ontwikkelingen in de gebouwde omgeving.

Ook zijn er verschillen in de resultaten van VA114 en h.e.n.k. waargenomen.

Als laatste wordt de functie van klimaatinstallaties in gebouwen onderschat. De effecten van een goed binnenklimaat op de gezondheid, ongevallen, ziekteverzuim, productiviteit en welbevinden zijn overwegend positief.

Aanbevelingen voor Stork WorkSphere

Vervolgonderzoek doen naar het investeringsplaatje van diverse maatregelen waaruit terugverdiëntijden voortkomen. Er dient bij deze studie niet alleen gekeken te worden naar lagere kosten als gevolg van een lagere energierekening, maar ook naar het financiële effect van comfortverbetering in het gebouw.

Stork WorkSphere bezit veel kennis over het presteren van klimaatinstallaties. Deze kennis dient zij zo vroeg mogelijk in het ontwerp- (of voortbrengings-) proces van een gebouw in te brengen. Er liggen grote kansen voor Stork WorkSphere op de adviesmarkt. Wellicht kan Stork WorkSphere in een eerder stadium aan het ontwerpoverleg deelnemen.

Benadrukken bij opdrachtgevers wat het belang is van het meten en blijven meten van warmtestromen naar de afgifteapparaten bij oplevering van een nieuw project. Stork WorkSphere heeft de kennis in huis waarom dit zinvol is, en dient dit te verkopen (evt. onder de onafhankelijke naam TNO).

Stork WorkSphere moet doorgaan met het meten van comfort- en energieprestaties van gebouwen. In de toekomst kunnen er eventueel prestatiecontracten opgesteld worden met opdrachtgevers om bijvoorbeeld EPA-U uitkomsten te realiseren. Op deze manier wordt er niet alleen kennis en ervaring opgedaan omtrent het functioneren van installaties (dat is wel nodig om goede inbreng te hebben richting opdrachtgevers), maar ook omtrent het *presteren* van installaties.

Dat is vooral van belang wanneer Stork WorkSphere als adviseur betrokken wordt, wat de laatste tijd vaker gebeurt.

Literatuurlijst

Rapporten

- [1] Evaluatie van het klimaatbeleid in de gebouwde omgeving 1995 – 2002, Ecofys
- [2] ISSO-researchrapport 5, Ontwerpbinnencondities en thermische behaaglijkheid in gebouwen
- [3] ISSO-publicatie 31, Meetpunten en meetmethoden voor klimaatinstallaties
- [4] ISSO-publicatie 43, Installatieconcepten
- [5] ISSO-publicatie 44, Hydraulische schakelingen
- [6] SSO-publicatie 74, Thermische behaaglijkheid
- [7] Gezondheidkundige advieswaarden binnenmilieu, 2004, uitgave RIVM. Dusseldorp, A, et al.

Normen

- [1] ASHRAE standard 55
- [2] NEN-EN-ISSO 7730
- [3] NEN 2916

Artikelen

- [1] Roelofsen, C.P.G., Strategie voor productiviteitsverbetering: Ontwerpen van de werkplek. TVVL- magazine 1/2001.
- [2] Boerstra, A., Haans, L., Klimaatinstallaties, comfort, gezondheid en productiviteit. TVVL- magazine 7-8/2004.
- [3] Van der Linden, A.C. et al, Thermisch Binnenklimaat als Gebouwprestatie. TVVL- magazine 2/2001.
- [4] Kurvers, S.R. et al, Individuele beïnvloeding: lager energiegebruik, gezonder, comfortabeler en productiever binnenmilieu. TVVL- magazine 3/2002.
- [5] Voncken, Eric et al, Softwarematig ontwerpen op basis van levenscycluskosten. IPBSA-NVL publicatie

Internetsites

- [1] www.bouwbesluitonline.nl
- [2] Meerjarenaafspraken www.mja.novem.nl
- [3] HOPE: Health Optimisation Protocol for Energy-efficient Buildings <http://hope.epfl.ch>

Overig

- [4] Handleiding H.E.N.K.
- [5] Stork At Work (nr. 3 jaargang 2004)

BIJLAGEN

Bijlageoverzicht

Bijlage 1	Gegevens referentiegebouw	3
Bijlage 2	H.E.N.K. rapportage referentiekantoor	5
Bijlage 3	H.E.N.K. Simulatieresultaten	11
Bijlage 4	VABI rapportage referentiekantoor	13
Bijlage 5	VABI simulatieresultaten	25
Bijlage 6	Bedrijfsinformatie.....	27

Bijlage 1 Gegevens referentiegebouw

Geometrische eigenschappen

Lengte:	68.4 m
Breedte:	14.4 m
Hoogte:	22.8 m
Aantal verdiepingen:	7
Verdiepingshoogte:	3.26 m
Bruto vloer oppervlak (BVO):	6895 m2
Oppervlakte begane grond:	985 m2
Hoofdgevel oriëntatie:	Noord/Zuid
Geveloppervlakken:	Noord: 1560 m2
	Oost: 328 m2
	Zuid: 1560 m2
	West: 328 m2
Totaal:	3776 m2
Inhoud:	12150 m3
Raampercentages per gevel:	Noord: 40 %
	Oost: 0 %
	Zuid: 60 %
	West: 0 %
	Dak: 0 %
Glaspercentage ramen:	85 % (15 % is kozijn)
Bouwfysische eigenschappen	
Rc- waarde gebouwschil:	3.0 m2 · K / W
Raamsysteem (dubbelglas):	U-waarde glas: 3.4 W / (m2 · K)
	ZTA-waarde glas: 0.70
	CF waarde: 0.05
	U-waarde kozijn: 2.6 W / (m2 · K)
	U-waarde glas + kozijn: (3.4*0.85+2.6*0.15)/1=3.28 W /
	(m2 · K)

Ramen te openen: nee

Zonwering:	geen
	zo ja, wanneer ^{omlaag} : 150 W / m2
	wanneer omhoog: 125 w / m2
Gebouwmassa (SWM):	200 kg / m2
Organisatie ^{eigenschappen}	
Max. aantal personen:	210
Interne warmtelast:	Apparaten: 10 W / m2
	Personen: 3 W / m2
	Verlichting: 10 W / m2
Klimaatinstallatie ^{eigenschappen}	
Installatieconcept:	
- Distributiesystemen:	water en lucht
- Afgiftesysteem	water: 4-pijpsinductieapparaten
	lucht: Verwarmde en gekoelde ^{ventilatielucht}
- Opwekking	warmte: HR- ketel
	koude: Compressie koelmachine
- Warmteterugwinning:	Ja
- Ontvochtiging:	max. RV: 90 %

- Bevochtiging: min RV: 40 %
Instellingen van de klimaatinstallatie:
Setpoint minimaal / verwarming binnen bedrijfstijd: 22 °C
buiten bedrijfstijd: 17 °C
Setpoint maximaal / koeling binnen bedrijfstijd: 24 °C
buiten bedrijfstijd: 28 °C

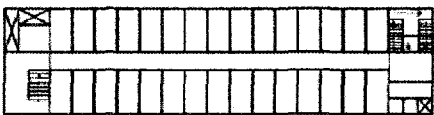
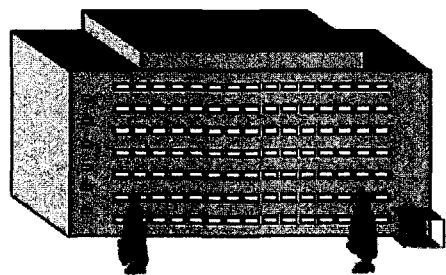
Nachtventilatie: nee

Ventilatievoud tijdens bedrijfstijd: 3.0 h-1 (i.c.m. volume 12.150 m3
geeft dit 36.450 m3/h)
buiten bedrijfstijd: 0
Infiltratievoud: 0.5 h-1
WTW rendement: 60%
Stooklijnen
Lucht conventioneel: T_{buiten} < 10 °C, dan Tinblaas = 20 °C;
T_{buiten} > 18 °C, dan Tinblaas = 16 °C
Water: T_{buiten} < 10 °C, dan Tinblaas = 90 °C;

T_{buiten} > 18 °C, dan Tinblaas = 60 °C

Overige eigenschappen

Drukverschil LBK toe-afvoer: 1200 Pa
Rendement ventilator: 0.70
Rendement motor: 0.85
Rendement bevochtiging: 0.65
Rendement HR-ketel: 0.83
COP Compressiekoelmachine: 3.60
Rendement elektriciteitscentrale: 0.38
Berekeningsuitgangspunten
Bedrijfsuren: 8.00 tot en met 17.00
Klimaatjaar: TRY de Bilt 1964 / 1965
Aantal werkdagen: 5
Visuele weergave gebouw
Het referentiegebouw betreft een kantoorgebouw dat recent is gebouwd (bouwjaar = 1998).



Bijlage 2 H.E.N.K. rapportage referentiekantoor

RAPPORTAGE h.e.n.k. BEREKENING
#####

=====

ALGEMENE GEGEVENS

=====

Afdrukdatum : 14-Apr-2005 08:44:49
Simulatienaam : Referentie
Projectomschrijving : Referentiegebouw
Projectnummer : 001

Bestandslocatie : K:\Afdeling\Werkvoorbereiding\Gebruikers
Werkvoorbereiding\Anne van Manen\Afstudeermap\HENK\Simulatie 1\hnk\
Bestandsnaam : Referentie.hnk

INVOERGEGEVENS
#####

=====

GEBOUWFUNCTIE

=====

Open van (uur)	:	8
Open tot (uur)	:	17
Aantal openingsdagen per week	:	5
Aantal personen	:	210
Vermogen apparatuur (W/m²)	:	10

Maximale temperatuur tijdens bedrijfstijden (°C)	:	24.00
Minimale temperatuur tijdens bedrijfstijden (°C)	:	22.00
Maximale temperatuur buiten bedrijfstijden (°C)	:	28.00
Minimale temperatuur buiten bedrijfstijden (°C)	:	17.00

Verlichtingseis (Lux)	:	450.00
Verlichtingsvermogen (W/m²)	:	10.00

=====

INSTALLATIES

=====

Mechanische ventilatievoud tijdens bedrijfstijden (m³/(h.m³):	:	3
Mechanische ventilatievoud buiten bedrijfstijden (m³/(h.m³):	:	0
Natuurlijke ventilatievoud tijdens bedrijfstijden (m³/(h.m³):	:	0
Natuurlijke ventilatievoud buiten bedrijfstijden (m³/(h.m³):	:	0

Installatieconcept	:	HR-ketel/Compressiekoelmachine
Fractie warmteterugwinning op lucht	:	0.60
Fractie armatuurafzuiging	:	0.00
Bevochtiging/ontvochtiging	:	Ja

=====

BOUWFYSISCH GEGEVENS

=====

Bruto vloeroppervlakte (m²)	:	6895.00
Infiltratievoud (m³/(h.m³)	:	0.50
Thermische Gebouwmassa (kg/m²)	:	200.00
Gemiddelde verdiepingshoogte (m)	:	3.26

Dichte gevel

Gevel	Oriëntatie	Oppervlakte[m²]	U-waarde[W/m²K]	Zonwering	Beschaduwing
1	Dak	984.96	0.33	GEEN	Nee
2	Dak	984.96	0.33	GEEN	Nee
3	W	328.32	0.33	GEEN	Nee
4	N	1559.52	0.33	GEEN	Nee
5	N	1559.52	0.33	GEEN	Nee
6	W	328.32	0.33	GEEN	Nee

Glas

Gevel	Glasfractie	U-waarde glas[W/m²K]	ZTA	LTA
1	0.00	0.00	0.60	0.60
2	0.00	0.00	0.60	0.60
3	0.00	0.00	0.60	0.60
4	0.60	3.20	0.70	0.60
5	0.40	3.20	0.70	0.60
6	0.00	0.00	0.60	0.60

=====

STANDAARDBEREKENINGSWAARDEN

=====

Verhouding nettovloeroppervlakte/brutovloeroppervlakte	: 0.70
Overdrachtscoefficient tussen gevel en binnenlucht (W/m ² K)	: 8.29
Overdrachtscoefficient tussen gevel en buitenlucht (W/m ² K)	: 28.49

Gemiddeld lichtreflectiefactor op binnenwanden	: 0.50
CF-factor verlichting	: 0.70
CF-factor apparatuur	: 0.70
CF-factor personen	: 0.70

ZTA zonwering	: 1.00
LTA zonwering	: 1.00
CF-factor	: 0.02

Zonwering uit bij een zonvermogen op de gevel van (W/m ²)	: 0.00
Zonwering aan bij een zonvermogen op de gevel van (W/m ²)	: 0.00

Klimaatjaar	: TRYdeBilt
Drukverschil LBK (afvoer+toevoer) (Pa)	: 1200.00
Rendement ventilator	: 0.70
Rendement motor	: 0.85
Rendement bevochtigingsinstallatie	: 0.65

Stooklijn (1): tot een buitentemperatuur van 10.00 °C inblaas op 20.00 °C
Stooklijn (2): vanaf een buitentemperatuur van 18.00 °C inblaas op 16.00 °C

Onderstaande rendementen zijn inclusief distributieverliezen

Rendement HR-ketel	: 0.83
COP Compressiekoelmachine	: 3.60
Rendement elektriciteitscentrale	: 0.38

RESULTATEN
#####

Simulatienaam : Referentie

=====

RESULTATEN - ONTWERPRAPPORT : 1 - Referentie

=====

Verwarmingsvermogen ruimte [kW] : 277
 Verwarmingsvermogen LBK [kW] : 125
 Bevochtigingsvermogen [kW] : 170
 Koelvermogen ruimte [kW] : 221
 Koelvermogen LBK [kW] : 217
 Verlichtingsvermogen [kW] : 48
 Ventilatorvermogen [kW] : 17
 Apparatenvermogen [kW] : 49

Verwarmingsvermogen volgens ISSO [kW] : 467

=====

RESULTATEN - VENTILATIERAPPORT : 1 - Referentie

=====

Natuurlijke ventilatie (dag) [m³/h] : 0
 Natuurlijke ventilatie (nacht) [m³/h] : 0

 Mechanische ventilatie (dag) [m³/h] : 35402
 Mechanische ventilatie (nacht) [m³/h] : 0

 Infiltratie [m³/h] : 5900

=====

RESULTATEN - VERBRUIK-RAPPORT : 1 - Referentie

=====

Aardgas [m³/jaar] : 46354
 Aardgas [m³/m² BVO/jaar] : 7

 Elektriciteit [kWh/jaar] : 469230
 Elektriciteit [kWh/m² BVO/jaar] : 68

 Warmte [GJ/jaar] : 0
 Warmte [GJ/m² BVO/jaar] : 0

=====

RESULTATEN - MILIEU- EN COMFORTRAPPORT : 1 - Referentie

=====

Energiegebruik [MJ/(jr.m²)] : 778
 CO2 uitstoot [kg/jr] : 300839
 Indicatie EPC : 1.43 - 1.69

TO uren bij -10% koelvermogen : 6
 TO uren bij -20% koelvermogen : 11
 TO uren tussen 100 en 150 bij : 50 % van het koelvermogen (101 kW)

=====

RESULTATEN - ENERGIEFUNCTIE : 1 - Referentie

=====

Onderdeel	Energievraag per jaar [10³ kWh]	Energieinkoop per jaar [10³ kWh]	Primaire energie per jaar [10⁶ MJ]
Verwarming ruimte:	297.94	359.84	1.30
Verwarming LBK :	77.01	93.01	0.33
Bevochtiging :	78.72	121.11	0.44
Koeling ruimte :	33.26	9.24	0.09
Koeling LBK :	36.66	10.18	0.10
Verlichting :	89.85	89.85	0.85
Ventilatoren :	39.60	46.59	0.44
Apparaten :	192.27	192.27	1.82

Bijlage 3 H.E.N.K. Simulatieresultaten

	Referentie	Gebouwmassa	Rc-waarde	Zonwering	ZTA-waarde	Glasfractie	Warmteopwekking	Koudeopwekking	Stooklijn	Ventilatievoud	Nachtventilatie	Bevochtiging	Totaal	Totaal_2
RESULTATEN - ONTWERPRAPPORT														
Verwarmingsvermogen ruimte [kW]:	277	254	270	277	279	232	277	277	391	273	583	277	315	234
Verwarmingsvermogen LBK [kW]:	125	125	125	125	125	125	125	125	78	42	125	125	86	26
Bevochtigingsvermogen [kW]:	170	170	0	170	170	170	170	170	169	71	279	27	26	22
Koelvermogen ruimte [kW]:	221	98	223	119	112	115	221	221	221	217	220	221	84	162
Koelvermogen LBK [kW]:	217	217	217	217	217	217	217	217	148	72	217	217	148	49
Verlichtingsvermogen [kW]:	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48
Ventilatorvermogen [kW]:	17	17	17	17	17	17	17	17	17	6	17	17	17	6
Apparatenvermogen [kW]:	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
Verwarmingsvermogen volgens ISSO [kW]:	467	490	457	467	467	423	467	467	357	379	467	467	436	286
RESULTATEN - VENTILATIERAPPORT														
Natuurlijke ventilatie (dag) [m³/h]:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Natuurlijke ventilatie (nacht) [m³/h]:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35402	0	0	0
Mechanische ventilatie (dag) [m³/h]:	35402	35402	35402	35402	35402	35402	35402	35402	35402	11801	35402	35402	35402	11801
Mechanische ventilatie (nacht) [m³/h]:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35402	0
Infiltratie [m³/h]:	5900	5900	5900	5900	5900	5900	5900	5900	5900	5900	5900	5900	5900	5900
RESULTATEN - VERBRUIK-RAPPORT														
Aardgas [m³/jaar] :	46354	40917	44058	47162	50904	35280	0	46354	56441	88092	122008	46354	0	0
Aardgas [m³/m² BVO/jaar] :	7	6	6	7	7	5	0	7	8	13	18	7	0	0
Procentuele verandering t.o.v. referentie		-11,7%	-5,0%	1,7%	9,8%	-23,9%	-100%	0,0%	21,8%	90,0%	163,2%	0,0%	-100%	-100%
Elektriciteit [kWh/jaar]:	469230	461571	469818	468426	461370	483079	557456	452399	445382	373447	546836	348464	597321	372205
Elektriciteit [kWh/m² BVO/jaar]:	68	67	68	68	67	70	81	66	65	54	79	51	87	54
Procentuele verandering t.o.v. referentie		-1,6%	0,1%	-0,2%	-1,7%	3,0%	18,8%	-3,6%	-5,1%	-20,4%	16,5%	-25,7%	27,3%	-20,7%
Warmte [GJ/jaar]:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Warmte [GJ/m² BVO/jaar]:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RESULTATEN - MILIEU- EN COMFORTRAPPORT														
Energiegebruik [MJ/(jr.m²)] :	778	740	767	781	790	741	663	755	816	920	1203	715	820	511
CO2 uitstoot [kg/jr] :	300839	286047	296623	302005	305638	286354	256285	291896	315401	355933	465263	276457	317244	197504
		-4,9	-1,4	0,4	1,6	-4,8	-14,8	-3,0	4,8	18,3	54,7	-8,1	5,5	-34,3
Indicatie EPC :	1,43	1,43	1,39	1,45	1,44	1,23	1,09	1,37	1,41	1,31	1,49	1,34	0,84	0,76
	1,69	1,69	1,66	1,69	1,69	1,49	1,36	1,62	1,67	1,55	1,79	1,54	1,01	0,95
TO uren bij -10% koelvermogen :	6	4	6	6	4	6	6	6	6	6	6	6	3	6
TO uren bij -20% koelvermogen :	11	10	11	11	8	10	11	11	9	17	11	11	10	13
TO uren tussen 100 en 150 bij :	50	70	50	60	70	60	50	50	56	45	60	50	70	45
	50	30	50	40	30	40	50	50	44	55	40	50	30	55
(% koelv. geen GTO's)	101	136	102	102	143	112	101	101	119	129	141	101	116	103

Bijlage 4 VABI rapportage referentiekantoor

BEDRUF : STORK WORKSPHERE

Pagina 1

Programme : VABI - GEBCUWSIMULATIEPROGRAMMA VA114 - Versie 2.16

Projectnummer:

Technicus :

Datum : 22-04-05 Tijd : 14.01

Omschrijving : Standaardgebouw Simulaties

Algemene gegevens

Klimaatfile : C:\VABI\UOW\klimaat\DBLS465.KLN

Startdatum : 1-1-1964 Aantal rekendagen : 363

De overschrijdingsuren worden alleen tijdens teluren geteld

De overschrijdingsniveaus zijn 25.00 en 28.00 graden Celsius

Installatiegegevens

Er is een centrale luchtbehandelingsinstallatie aanwezig

Er is een lokale installatie aanwezig

Er wordt een constant volume systeem toegepast

Beschaduwng

Er is geen beschaduwng t.g.v. verzonken ligging vlakken

Er is geen beschaduwng t.g.v. uitstekende geveldeelen

Er is beschaduwng t.g.v. eigen gebouwdelen

Er is geen beschaduwng door omliggende gebouwen

Infiltratie en natuurlijke ventilatie

Opgave via vertrekdefinitie

De ventilatiestromen worden opgegeven

Er zijn te openen raamdelen aanwezig

UITVCER VAN VERTREKGEGEVENS (Vertrek 1 / Ruimte : 5)

vlak		vlaknaam	zomwering				in om	grens	grond	orientatie	opp.vl.	verzonken			
nr	srt		periode	sch.	niv.	vlak	ge	vtr	vi	temp	L	gamma	beta	(m2)	(m)
			1	0	1	0	nr	ving		gr.C					
1	1	OBW-Allegevels					1	0	0	0		90	90	46.94	
2	1	OBW-Allegevels					2	0	0	0		0	90	99.18	
3	2	OBW-glas	0	0			2	0	0	0		0	90	133.80	
4	1	OBW-Allegevels					4	0	0	0		-90	90	46.94	
5	1	OBW-Allegevels					5	0	0	0		180	90	133.78	
6	2	OBW-glas	0	0			5	0	0	0		180	90	99.20	
7	1	VW-Defaultbuitenwand					7	1	2	8				984.96	
8	1	OVW-Defaultbuitenwand					8	1	3	7				984.96	

															Tot.Cpp. 2509.78

UITVCER VAN VERTREKGEGEVENS (Vertrek 2 / Ruimte : 3)

vlak		vlaknaam	zomwering				in om	grens	grond	orientatie	opp.vl.	verzonken
nr	srt		periode	sch.niv.	vlak ge	vtr vl	temp	L	gamma	beta	(m2)	(m)
			1	0	1	0	nr	ving	gr.C			
1	1	OBW-Allegevels				1	0	0	0	90	90	46.94
2	1	OBW-Allegevels				2	0	0	0	0	90	89.18
3	2	OBW-glas	0	0		2	0	0	0	0	90	133.80
4	1	OBW-Allegevels				4	0	0	0	-90	90	46.94
5	1	OBW-Allegevels				5	0	0	0	180	90	133.78
6	2	OBW-glas	0	0		5	0	0	0	180	90	89.20
7	1	IGW-Allegevels				7	3		10.0	0.01		984.96
8	1	OVW-Default/buitenwand				8	1	1	7			984.96

												Tot.Cpp. 2509.78

UITVCER VAN VERTREKGEGEVENS (Vertrek 3 / Ruimte : 7)

vlak		vlaknaam	zomwering				in om	grens	grond	orientatie	opp.vl.	verzonken	
nr	srt		periode	sch.niv.	vlak	ge	vtr vl	temp	L	gamma	beta	(m2)	(m)
			1	0	1	0	nr	ving	gr.C				
1	1	OBW-Allegevels					1	0	0	0	90	90	46.94
2	1	OBW-Allegevels					2	0	0	0	0	90	99.18
3	2	OBW-glas	0	0			2	0	0	0	0	90	133.80
4	1	OBW-Allegevels					4	0	0	0	-90	90	46.94
5	1	OBW-Allegevels					5	0	0	0	180	90	133.78
6	2	OBW-glas	0	0			5	0	0	0	180	90	99.20
7	1	VW-Defaultbuitenwand					7	1	1	8			984.96
8	1	OVW-Defaultbuitenwand					8	2	3	8			984.96

													Tot.Cpp. 2509.78

vlaksoort : 1=wand , 2=glas , 3=deur
zomwering : 0=op , 1=neer , 2=schakelend
omgeving : 0=buitenwand , 1=binnenwand , 2=spiegelende wand , 3=begane grond , 4=ander gebouw/woning
gamma : orientatie van de buitenwand (Zuid=0, Oost=90, Noord=180, West=-90)
beta : orientatie van de buitenwand (Vertikale wand=90, Dak=0)
vlaknaam : 1e kolom : 0=oorspronkelijke constructie, 1=omgekeerde constructie
2e kolom : B=buitenlucht, V=vertrek, Z=zone, G=direct op grond, A=ander gebouw/woning
C=kruipruimte, K=kelder , -temperatuur opgeven , R=ruimte conditie

GEGEVENS INFILTRATIE DOOR KIEREN EN NADEN

De natuurlijke ventilatiestromen worden ingelezen

De in- en exfiltratie wordt gegeven door :
(uitgedrukt in ventilatievoud VV in l/h)

Vertrek 1 : $VV = 0.293 + 0.000 * V_{wind} + 0.000 * V_{wind} * V_{wind}$

Vertrek 2 : $VV = 0.293 + 0.000 * V_{wind} + 0.000 * V_{wind} * V_{wind}$

Vertrek 3 : $VV = 0.293 + 0.000 * V_{wind} + 0.000 * V_{wind} * V_{wind}$

De windsnelheid V_{wind} in deze relatie :
de windsnelheid in vlak, open terrein (10.0 m hoogte)

De netto ventilatiestromen (uitgedrukt in m3/h), die ingelezen zijn

vertrek 1 -> 1 : 0.
vertrek 1 -> 2 : 0.
vertrek 1 -> 3 : 0.

vertrek 2 -> 1 : 0.
vertrek 2 -> 2 : 0.
vertrek 2 -> 3 : 0.

vertrek 3 -> 1 : 0.
vertrek 3 -> 2 : 0.
vertrek 3 -> 3 : 0.

GEGEVENS TE OPENEN RAAMDELEN

MBT GEBRUIKSPERIODE 1

ALGEMENE BELEMMERINGEN

Er zijn algemere belemmeringen. De ramen mogen niet geopend worden.

MBT GEBRUIKSPERIODE 2

ALGEMENE BELEMMERINGEN

Er zijn algemere belemmeringen. De ramen mogen niet geopend worden.

BOUWFYSISCHE GEGEVENS VAN TOEGEPASTE CONSTRUCTIES

Bouw fysische gegevens van constructie: OBW-Allegevels

(U= 0.32 W/m2.K)	laag- nr	dikte (m)	warmte- geleiding (W/m.K)	soort. massa (kg/m3)	soort. warmte (J/kg.K)	reken lagen
Steenacht1	1	0.063	1.000	1600.	840.	1
Isolatie 1	2	0.115	0.040	50.	840.	1
Steenacht1	3	0.063	1.000	1600.	840.	1
absorptie buiten			0.50	absorptie binnen		0.50
emissie buiten			0.90	emissie binnen		0.90
convectie buiten			18.00 W/m2K	convectie binnen		3.00 W/m2K

Bouw fysische gegevens van constructie: OBR-glas

raamconstructie: glasraam (zonder zonwering)(1) : glas zuidgevel

zta	0.700
lta	0.600
U-waarde	3.280
CF-waarde	0.050

Bouw fysische gegevens van constructie: 1VW-Defaultbuitewand

(U= 0.36 W/m2.K)	laag- nr	dikte (m)	warmte- geleiding (W/m.K)	soort. massa (kg/m3)	soort. warmte (J/kg.K)	reken lagen
Steenacht1	1	0.078	1.000	1600.	840.	1
Isolatie 1	2	0.094	0.040	50.	840.	1
Steenacht1	3	0.078	1.000	1600.	840.	1
			absorptie binnen		0.50	
			emissie binnen		0.90	
			convectie binnen		3.00 W/m2K	

BOUWFYSISCHE GEGEVENS VAN TOEGEPASTE CONSTRUCTIES

Bouw fysische gegevens van constructie: 0VW-Defaultbuitewand

(U= 0.36 W/m2.K)	laag- nr	dikte (m)	warmte- geleiding (W/m.K)	soort. massa (kg/m3)	soort. warmte (J/kg.K)	reken lagen
Steenacht1	1	0.078	1.000	1600.	840.	1
Isolatie 1	2	0.094	0.040	50.	840.	1
Steenacht1	3	0.078	1.000	1600.	840.	1
			absorptie binnen		0.50	
			emissie binnen		0.90	
			convectie binnen		3.00 W/m2K	

BOUWFYSISCHE GEGEVENS VAN TOEGEPASTE CONSTRUCTIES

Bouw fysische gegevens van constructie: 1GW-Allegevels

(U= 0.01 W/m2.K)	laag- nr	dikte (m)	warmte- geleiding (W/m.K)	soort. massa (kg/m3)	soort. warmte (J/kg.K)	reken lagen
Steenacht1	1	0.063	1.000	1600.	840.	1
Isolatie 1	2	0.115	0.040	50.	840.	1
Steenacht1	3	0.063	1.000	1600.	840.	1
			absorptie binnen		0.50	
			emissie binnen		0.90	
geleiding buiten			0.01 W/m2K	convectie binnen		3.00 W/m2K

BOUWFYSISCHE GEGEVENS VAN TOEGEPASTE CONSTRUCTIES

BEDRUF : STORK WORKSPHERE

Pagina 10

Informatie over de installatie

Distributie

mechanische luchttoevoer	ja
opwarming	1.0 K
luchtdebiet	15621 m3/h
debietsregeling	constant volume systeem
mechanische luchttoevoer	ja
opwarming	1.0 K
luchtdebiet	15621 m3/h

Opwekking

warmteopwekker	ja
aanvoertemperatuur	90.0 C
retourtemperatuur	70.0 C
koudeopwekker	ja
aanvoertemperatuur	5.0 C
retourtemperatuur	12.0 C

Luchtbehandeling

verwarmingsbatterij	ja
thermisch vermogen	53570. W
bepaald bij wateraanvoertemperatuur	90.0 C
bij waterretourtemperatuur	70.0 C
bij luchttemperatuur	-7.0 C aan de ingang
bij luchttemperatuur	20.0 C aan de uitgang
koelbatterij	ja
thermisch vermogen	92997. W
bepaald bij wateraanvoertemperatuur	6.0 C
bij waterretourtemperatuur	12.0 C
bij luchttemperatuur	30.0 C en RV 45 % aan de ingang
bij luchttemperatuur	10.0 C en RV 90 % aan de uitgang
luchtbevochtiger	ja
luchtontvochtiger	ja
thermisch vermogen	428559232. W
bepaald bij wateraanvoertemperatuur	6.0 C
bij waterretourtemperatuur	12.0 C
bij luchttemperatuur	30.0 C en RV 45 % aan de ingang
bij luchttemperatuur	10.0 C en RV 90 % aan de uitgang
mengsectie	nee
warmterugwin-unit	ja

Type = 1: Tegenstroom-/kruisstroom w.w.

Gegevens:

Thermisch rendement EFFWWT =	0.600
Debiet primair	CEBP = 15621.0 m3/h
Debiet secundair	CEBS = 15621.0 m3/h
Uitwisselend vermogen APFWT =	7904.4 W/K
alternatieve AC-unit	nee

BEDRUF : STORK WORKSPHERE

Pagina 11

Informatie over de installatie

Regeling

regeling op luchttemperatuur	
voorwaardelijke nachtventilatie	nee
voorwaardelijke nachtverwarming	nee
relatieve vochtigheid	
minimaal	40 %
maximaal	80 %

Stooklijnen (gewenste Tinblaas en Twateraanvoer als functie van Tbuiten)

water(koeling)		water(verwarming)		lucht(inblaas)	
dag	nacht	dag	nacht	dag	nacht
Te Ta	Te Ta	Te Ta	Te Ta	Te Ta	Te Ta
6.0 12.0	6.0 12.0	10.0 90.0	10.0 90.0	10.0 20.0	10.0 20.0
8.0 6.0	8.0 6.0	18.0 60.0	18.0 60.0	18.0 16.0	18.0 16.0
0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	18.0 16.0	18.0 16.0
0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	18.0 16.0	18.0 16.0

Informatie decentrale koeling/verwarming
te net
type 4 : 4-pijps fancoil-unit
functie : verwarming en koeling
positie : vrij opgesteld in het vertrek

vertrek 1		
	verwarming	koeling
vermogen bij dagbedrijf	75000. W	56250. W
vermogen bij nachtbedrijf	75000. W	56250. W
bij wateraanvoertemperatuur	90.0 C	6.0 C
bij waterretourtemperatuur	70.0 C	12.0 C
bij omgevingstemperatuur	20.0 C	22.0 C
debiet als fractie van nominaal	1.00	1.00
temperatuurselpoints		
dagbedrijf	22.0 C	24.0 C
nacht/weekendbedrijf	17.0 C	28.0 C

vertrek 2		
	verwarming	koeling
vermogen bij dagbedrijf	75000. W	56250. W
vermogen bij nachtbedrijf	75000. W	56250. W
bij wateraanvoertemperatuur	90.0 C	6.0 C
bij waterretourtemperatuur	70.0 C	12.0 C
bij omgevingstemperatuur	20.0 C	22.0 C
debiet als fractie van nominaal	1.00	1.00
temperatuurselpoints		
dagbedrijf	22.0 C	24.0 C
nacht/weekendbedrijf	17.0 C	28.0 C

vertrek 3		
	verwarming	koeling
vermogen bij dagbedrijf	75000. W	56250. W
vermogen bij nachtbedrijf	75000. W	56250. W
bij wateraanvoertemperatuur	90.0 C	6.0 C
bij waterretourtemperatuur	70.0 C	12.0 C
bij omgevingstemperatuur	20.0 C	22.0 C
debiet als fractie van nominaal	1.00	1.00
temperatuurselpoints		
dagbedrijf	22.0 C	24.0 C
nacht/weekendbedrijf	17.0 C	28.0 C

BEDRIJFSWIJZE (0=buiten bedrijf ,1=dagbedrijf ,2=nacht/weekendbedrijf)

uurvak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
maancag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
dinsdag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
woensdag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
donderdag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
vrijdag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
zaterdag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zondag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

GEBRUUKSWIJZE (0=buiten gebruik ,1=in gebruik)

uurvak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
maancag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
dinsdag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
woensdag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
donderdag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
vrijdag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
zaterdag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zondag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TELUREN (0=niet meetellen ,1=meetellen)

uurvak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
maancag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
dinsdag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
woensdag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
donderdag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
vrijdag	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
zaterdag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
zondag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

INTERNE WARMTELAST IN VERTREK 1 (Ruimte : 5)

	Personen (Watt)					Apparatuur (Watt)					Verlichting (Watt)			
	-----					-----					-----			
Convectiefactor	Cpers	:	0.30			Cappa	:	1.00			Cverl	:	0.50	
Voelbaar deel	Vpers	:	0.60			Vappa	:	1.00			Vverl	:	1.00	
uur	ma.dg	di.dg	wo.dg	do.dg	vr.dg	za.dg	zo.dg	ma.dg	di.dg	wo.dg	do.dg	vr.dg	za.dg	zo.dg
1	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
6	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
7	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
8	2954.	2954.	2954.	2954.	2954.	0.	0.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.
9	2954.	2954.	2954.	2954.	2954.	0.	0.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.
10	2954.	2954.	2954.	2954.	2954.	0.	0.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.
11	2954.	2954.	2954.	2954.	2954.	0.	0.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.
12	2954.	2954.	2954.	2954.	2954.	0.	0.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.
13	2954.	2954.	2954.	2954.	2954.	0.	0.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.
14	2954.	2954.	2954.	2954.	2954.	0.	0.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.
15	2954.	2954.	2954.	2954.	2954.	0.	0.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.
16	2954.	2954.	2954.	2954.	2954.	0.	0.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.
17	2954.	2954.	2954.	2954.	2954.	0.	0.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.
18	2954.	2954.	2954.	2954.	2954.	0.	0.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.	9849.
19	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
20	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
21	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
22	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
23	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
24	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.

Regeling verlichting :
Deel verlichting altijd aan 1.00
Verlichting schakelt aan bij 0 lux
Verlichting schakelt uit bij 9999 lux

	MECHANISCHE VENTILATIE (m3/uur)		totaal retour lucht	separate retour lucht
	totaal	minimum aandeel		
dagbedrijf	inblaas lucht	verse lucht	5207.	0.
nacht/weekendbedrijf	0.	0.	0.	0.

	MECHANISCHE ONBALANS		
	volumestromen naar(+) en/of van(-) omgeving en/of omliggende vertrekken		
	vertrek t	naar/van	naar/van
	onbalans = omgeving + vertrekken		
dagbedrijf	0.	0.	0.
nacht/weekendbedrijf	0.	0.	0.

Idem voor ruimtes 2 en 3.

```

+-----+
| STORK WORKSPHERE |
+-----+
Programma : VABI - TemperatuuroverschrijdingsprogrammaVAI14 - Versie 2.16
Projectnummer: Pagina 17
Projectnaam : standaardgebouw Simulaties.PRJ Gebouw 1
Technicus :
Datum : 22 april 2005 Tijd : 14:01:38
Omschrijving : Standaardgebouw Simulaties

```

ALGEMENE GEGEVENS

```

klimaatfile : C:\VABI UC\klimaat\DBI6465.KLN
startdatum : 1-1-1964 aantal dagen : 363
telperiode : 5 dagen van 7-18 uur
beschadwing : nee
infiltratie : ja
te openen raamdelen : ja
gebruiksperiode gebouw : 5 dagen van 7-18 uur

```

INSTALLATIEGEGEVENS

```

distributie mechanische luchttoevoer : ja
              mechanische luchtafvoer : ja
luchtbehandeling koelbatterij : ja
                  verwarmingsbatterij : ja
                  luchtontvochtiger : ja
                  luchtbevochtiger : ja
                  mengsectie : nee
                  WTW : ja
regeling adiabatische koeling : nee
          op luchttemperatuur
          voorw.nachtventilatie : nee
          voorw.nachtverwarming : nee
          bedrijfsperiode dag : 5 dagen van 7-18 uur
stooklijn (overdag) Tbuiten -> Tinblaas : 10.0 20.0 / 18.0 16.0 / 18.0 16.0 / 18.0 16.0
algitle 1e net
          4-pijps fancoil-unit
          functie : verwarming en koeling

```

```

roosters (m3/h) vertrek 1 dag 5207 nacht 0
roosters (m3/h) vertrek 2 dag 5207 nacht 0
roosters (m3/h) vertrek 3 dag 5207 nacht 0
LVK-apparaten vertrek 1 net 1 verwarming 75000 W Tset 22.0 / 17.0 gr.C
LVK-apparaten vertrek 1 net 1 koeling 56250 W Tset 24.0 / 28.0 gr.C
LVK-apparaten vertrek 2 net 1 verwarming 75000 W Tset 22.0 / 17.0 gr.C
LVK-apparaten vertrek 2 net 1 koeling 56250 W Tset 24.0 / 28.0 gr.C
LVK-apparaten vertrek 3 net 1 verwarming 75000 W Tset 22.0 / 17.0 gr.C
LVK-apparaten vertrek 3 net 1 koeling 56250 W Tset 24.0 / 28.0 gr.C

```

```

interne belasting (W/h) vertrek 1 personen 2954 apparatuur 9849 verlichting 9849
interne belasting (W/h) vertrek 2 personen 2954 apparatuur 9849 verlichting 9849
interne belasting (W/h) vertrek 3 personen 2954 apparatuur 9849 verlichting 9849

```

BOUWFYSISCHE GEGEVENS VERTREK(KEN)

```

vtr wand/deur/glasnaam bu- orientatie opper- U- U- ZTA-
nr wnd (Z=0,0+90) vlakte constr glas glas
1 OBW-Allegevels JA 90 46.94 0.32
1 OBW-Allegevels JA 0 89.18 0.32
OBR-glas 133.80 3.28 0.70

```

```

1 OBW-Allegevels JA -90 46.94 0.32
1 OBW-Allegevels JA 180 133.78 0.32
OBR-glas 89.20 3.28 0.70
1 1VW-Defaultbuitenwand NEE -90 984.96 0.36
1 0VW-Defaultbuitenwand NEE -90 984.96 0.36
2 OBW-Allegevels JA 90 46.94 0.32
2 OBW-Allegevels JA 0 89.18 0.32
OBR-glas 133.80 3.28 0.70
2 OBW-Allegevels JA -90 46.94 0.32
2 OBW-Allegevels JA 180 133.78 0.32
OBR-glas 89.20 3.28 0.70
2 1GW-Allegevels NEE -90 984.96 0.01
2 0VW-Defaultbuitenwand NEE -90 984.96 0.36
3 OBW-Allegevels JA 90 46.94 0.32
3 OBW-Allegevels JA 0 89.18 0.32
OBR-glas 133.80 3.28 0.70
3 OBW-Allegevels JA -90 46.94 0.32
3 OBW-Allegevels JA 180 133.78 0.32
OBR-glas 89.20 3.28 0.70
3 1VW-Defaultbuitenwand NEE -90 984.96 0.36
3 0VW-Defaultbuitenwand NEE -90 984.96 0.36

```

STORK WORKSPHERE			
Programma	: VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VAI14 - Versie 2.16		
Projectnummer:	Pagina 19		
Projectnaam	: standaardgebouw Simulaties.PRJ	Gebouw	1
Technicus			
Datum	: 22 april 2005	Tijd	: 14:01:36
Omschrijving	: Standaardgebouw Simulaties		

JAAROVERZICHT VERTREK NR 1 (Ruimte : 5)

MNC	ZON	BUIT. BINNENTEMP. T-OVERS.						WARMTE-LEVERING		KOUDE-LEVERING		ANDERE W.A.BRONNEN			
		HOR.		TEMP.		LUCHT		25.0	28.0	INBLAAS	LOKAAAL	INBLAAS	LOKAAAL	ZON.	INT.
		VLAK	GEM.	MAX.	MIN.	G.R.C	G.R.C								
		KWh/M2	G.R.C	G.R.C	G.R.C	h	h	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh
1	18.	0.6	23.6	18.2	0	0	0	3.	5916.	-899.	0.	3106.	5432.		
2	41.	3.5	24.0	22.0	0	0	0	0.	2845.	-1061.	-94.	5689.	4723.		
3	65.	2.7	24.0	22.0	0	0	0	0.	2605.	-1064.	-229.	7129.	5196.		
4	97.	8.7	24.0	22.0	0	0	0	0.	876.	-1765.	-1179.	7559.	5196.		
5	162.	14.3	24.0	22.0	0	0	0	0.	36.	-2642.	-3378.	9963.	4960.		
6	154.	15.3	24.0	22.0	0	0	0	0.	2.	-2961.	-3556.	8764.	5196.		
7	145.	16.8	24.0	22.1	0	0	0	0.	0.	-3307.	-4084.	8812.	5432.		
8	124.	16.0	24.0	23.0	0	0	0	0.	0.	-3001.	-3374.	8929.	4960.		
9	98.	14.1	24.0	22.0	0	0	0	0.	1.	-2942.	-3615.	9665.	5196.		
10	52.	7.9	24.0	22.0	0	0	0	0.	773.	-1500.	-884.	6904.	5196.		
11	19.	6.3	24.0	21.6	0	0	0	0.	2977.	-915.	-1.	2788.	4960.		
12	13.	2.6	22.2	18.5	0	0	0	0.	4646.	-788.	0.	2343.	4723.		
TOT	987.	9.1	24.0	18.2	0	0	0	3.	20677.	-22846.	-20383.	81650.	61169.		

WARMTELEVERING

- VIA CENTRALE INBLAAS	:	3. kWh
- VIA LOKALE UNIT	:	20677. kWh

TOTAAL : 20680. kWh

KOUDELEVERING

- VIA CENTRALE INBLAAS	:	22846. kWh
- VIA LOKALE UNIT	:	20383. kWh

TOTAAL : 43230. kWh

WARMTEVERLIES NAT.VENT. : 31016. kWh

WARMTEVERLIES INTERZONAAAL : 0. Wh

UITGANGSPUNTEN VOOR BEPALING VAN DE WEEEGUREN:

- METABOLISME	:	1.20 Met.
- CLO-WAARDE	:	0.70 (Zomer) en 0.90 (Winter)
- RELATIEVE LUCHTSNELHEID	:	0.15 m/s

ONCERSCHRIJDING PMV < -0.5 : 1208 GEWOGEN ONCERSCHRIJDINGSUREN

OVERSCHRIJDING PMV > 0.5 : 64 GEWOGEN OVERSCHRIJDINGSUREN

STORK WORKSPHERE			
Programma	: VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VAI14 - Versie 2.16		
Projectnummer:	Pagina 20		
Projectnaam	: standaardgebouw Simulaties.PRJ	Gebouw	1
Technicus			
Datum	: 22 april 2005	Tijd	: 14:01:36
Omschrijving	: Standaardgebouw Simulaties		

JAAROVERZICHT VERTREK NR 2 (Ruimte : 3)

MNC	ZON	BUIT.	BINNENTEMP. T-OVERS.				WARMTE-LEVERING		KOUDE-LEVERING		ANDERE W.A.BRONNEN		
		HOR.	TEMP.	LUCHT	LUCHT	25.0	28.0					ZON.	INT.
		VLAk	GEM.	MAX.	MIN.			INBLAAS	LOKAAAL	INBLAAS	LOKAAAL	INSTR.	WP
		KWh/M2	G.R.C	G.R.C	G.R.C	h	h	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh
1	18.	0.6	23.7	18.4	0	0		3.	5968.	-903.	0.	3106.	5432.
2	41.	3.5	24.0	22.0	0	0		0.	2823.	-1065.	-96.	5689.	4723.
3	65.	2.7	24.0	22.0	0	0		0.	2577.	-1071.	-260.	7129.	5196.
4	97.	8.7	24.0	22.0	0	0		0.	897.	-1759.	-1184.	7559.	5196.
5	162.	14.3	24.0	22.0	0	0		0.	33.	-2636.	-3334.	9963.	4960.
6	154.	15.3	24.0	22.0	0	0		0.	1.	-2962.	-3525.	8764.	5196.
7	145.	16.8	24.0	22.1	0	0		0.	0.	-3307.	-4049.	8812.	5432.
8	124.	16.0	24.0	22.9	0	0		0.	0.	-2998.	-3360.	8929.	4960.
9	98.	14.1	24.0	22.0	0	0		0.	1.	-2997.	-3651.	9665.	5196.
10	52.	7.9	24.0	22.0	0	0		0.	792.	-1509.	-931.	6904.	5196.
11	19.	6.3	24.0	21.7	0	0		0.	2945.	-923.	-1.	2788.	4960.
12	13.	2.6	22.3	18.6	0	0		0.	4585.	-789.	0.	2343.	4723.
TOT	987.	9.1	24.0	18.4	0	0		3.	20522.	-22860.	-20390.	81650.	61169.

WARMTELEVERING

- VIA CENTRALE INBLAAS	:	3. kWh
- VIA LOKALE UNIT	:	20522. kWh

TOTAAL : 20525. kWh

KOUDELEVERING

- VIA CENTRALE INBLAAS	:	22860. kWh
- VIA LOKALE UNIT	:	20390. kWh

TOTAAL : 43250. kWh

WARMTEVERLIES NAT.VENT. : 30888. kWh

WARMTEVERLIES INTERZONAAAL : 0. Wh

UITGANGSPUNTEN VOOR BEPALING VAN DE WEEEGUREN:

- METABOLISME	:	1.20 Met.
- CLO-WAARDE	:	0.70 (Zomer) en 0.90 (Winter)
- RELATIEVE LUCHTSNELHEID	:	0.15 m/s

ONCERSCHRIJDING PMV < -0.5 : 1191 GEWOGEN ONCERSCHRIJDINGSUREN

OVERSCHRIJDING PMV > 0.5 : 62 GEWOGEN OVERSCHRIJDINGSUREN

STORK WORKSPHERE	
PROGRAMMA : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2.16	
PROJECTNUMMER :	Pagina 21
PROJECTNAAM :	Gebouw 1
TECHNICUS :	
DATUM :	22 april 2005 Tijd : 14:01:38
OMSCHRIJVING : Standaardgebouw Simulaties	

JAARVERZICHT VERTREKINR 3 (Ruimte : 7)

MNC	ZON	BUIT.	BINNENTEMP. T-CVERS.				WARMTE- LEVERING		KOUDE- LEVERING		ANDERE W.A.BRONNEN	
HOR.	TEMP.	LUCHT	LUCHT	25.0	28.0						ZON.	INT.
VLAKE	GEM.	MAX.	MIN.								INSTR.	WP
KWh/M2	GR.C	GR.C	GR.C	h	h		INBLAAS	LOKAAL	INBLAAS	LOKAAL	KWh	KWh
1	18.	0.6	23.6	18.2	0	0	3.	5915.	-899.	0.	3106.	5432.
2	41.	3.5	24.0	22.0	0	0	0.	2844.	-1061.	-83.	5689.	4723.
3	65.	2.7	24.0	22.0	0	0	0.	2607.	-1063.	-222.	7129.	5196.
4	97.	8.7	24.0	22.0	0	0	0.	877.	-1764.	-1176.	7559.	5196.
5	162.	14.3	24.0	22.0	0	0	0.	35.	-2642.	-3373.	9963.	4960.
6	154.	15.3	24.0	22.0	0	0	0.	2.	-2961.	-3552.	8764.	5196.
7	145.	16.8	24.0	22.1	0	0	0.	0.	-3307.	-4080.	8812.	5432.
8	124.	16.0	24.0	23.0	0	0	0.	0.	-3001.	-3365.	8829.	4960.
9	98.	14.1	24.0	22.0	0	0	0.	1.	-2941.	-3595.	9665.	5196.
10	52.	7.9	24.0	22.0	0	0	0.	778.	-1498.	-873.	6904.	5196.
11	19.	6.3	24.0	21.6	0	0	0.	2977.	-914.	0.	2788.	4960.
12	13.	2.6	22.2	18.5	0	0	0.	4645.	-788.	0.	2343.	4723.
TOT	987.	9.1	24.0	18.2	0	0	3	20681.	-22841.	-20320.	81650.	61169.

WARMTELEVERING		KOUDELEVERING	
- VIA CENTRALE INBLAAS	: 3. kWh	- VIA CENTRALE INBLAAS	: 22841. kWh
- VIA LOKALE UNIT	: 20681. kWh	- VIA LOKALE UNIT	: 20320. kWh
TOTAAL	: 20684. kWh	TOTAAL	: 43161. kWh

WARMTEVERLIES NAT.VENT. : 31004. kWh
WARMTEVERLIES INTERZONAAAL : 0. Wh

UITGANGSPUNTEN VOOR BEPALING VAN DE WEEGUREN:
- METABOLISME : 1.20 Met.
- CLO-WAARDE : 0.70 (Zomer) en 0.90 (Winter)
- RELATIEVE LUCHTSNELHEID : 0.15 m/s

ONDSCHRIJDING PMV < -0.5 : 1207 GEWOGEN ONDSCHRIJDINGEN
OVERSCHRIJDING PMV > 0.5 : 64 GEWOGEN OVERSCHRIJDINGEN

STORK WORKSPHERE			
Programma : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2.16			
Projectnummer:			Pagina 22
Projectnaam : standaardgebouw Simulaties.PPJ			Gebouw 1
Technicus :			
Datum : 22 april 2005		Tijd : 14:01:38	
Omschrijving : Standaardgebouw Simulaties			

JAARVERZICHT CENTRALE LUCHTBEHANDELINGSINSTALLATIE

<----- REALISEREN TEMPERATUUR INBLAASLUCHT ----->< Idem VOCHTIGHEID INBLAASLUCHT -->													
MNC	BUITEN	RET.CUR	INBLS	WARMTELEVERING	KOUDELEVERING	DISS.	VOCHT.	VOCHT.	W-LEVERING	K-LEVERING			
TEMP.	TEMP.	TEMP.	TEMP.	van	door	van	door	door	VOOR	NA			
GEM.	GEM.	GEM.	GEM.	BUITEN	HEATER	BUITEN	KOELER	FANS	BEH.	BEH.			
GR.C	GR.C	GR.C	GR.C	KWh	KWh	KWh	KWh	KWh	g/kg	g/kg			
									KWh	KWh			
1	0.6	23.0	20.0	0.	5962.	-16295.	0.	2687.	3.9	5.4	4999.	0.	0.
2	3.5	23.5	19.8	0.	3657.	-13138.	0.	2338.	4.2	5.7	3884.	0.	0.
3	2.7	23.5	20.0	0.	4181.	-15089.	0.	2569.	3.6	5.3	5170.	0.	0.
4	8.7	24.1	19.0	0.	1461.	-12664.	0.	2578.	5.5	7.1	3290.	0.	0.
5	14.3	24.9	17.4	0.	60.	-10360.	-1011.	2467.	7.4	8.6	691.	0.	-39.
6	15.3	24.9	17.0	0.	19.	-10702.	-1019.	2586.	8.0	8.9	11.	0.	-254.
7	16.8	25.0	16.5	683.	0.	-8832.	-818.	2708.	9.6	9.7	6.	0.	-4560.
8	16.0	24.9	16.6	349.	0.	-8442.	-1065.	2473.	9.5	9.9	7.	0.	-3029.
9	14.1	24.9	17.0	172.	50.	-10460.	-499.	2586.	8.1	8.8	323.	0.	-1517.
10	7.9	23.9	19.4	0.	1518.	-11550.	0.	2578.	6.1	7.1	2652.	0.	0.
11	6.3	23.1	19.9	0.	2649.	-11217.	0.	2458.	5.5	6.5	3086.	0.	0.
12	2.6	23.0	19.9	0.	4540.	-12730.	0.	2337.	4.4	5.5	3291.	0.	0.
9.1	24.1	18.5	1203.	24096.	*****	-4412.	30366.	6.4	7.4	27310.	0.	-9400.	

REALISEREN TEMPERATUUR INBLAASLUCHT

-WARMTELEVERING door BUITENLUCHT : 1203. kWh
-WARMTELEVERING door HEATER : 24096. kWh

-KOUDELEVERING door BUITENLUCHT : 141478. kWh
-KOUDELEVERING door KOELER : 4412. kWh

-DISSIPATIE door VENTILATOREN : 30366. kWh

REALISEREN VOCHTIGHEID INBLAASLUCHT

-WARMTELEVERING tlv BEVOCHTING : 27310. kWh

-WARMTELEVERING tlv ONTVOCHTING : 0. kWh

-KOUDELEVERING tlv CNTVOCHTING : 9400. kWh

AANTAL UREN DAT VENTILATOR AAN IS GEWEEST GEURENDE BEDRIJFSPERIODE 2 : 0 UUR

```

-----
|                               STORK WORKSPHERE                               |
-----
PROGRAMMA : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VAI14 - Versie 2.16
PROJECTNUMMER :                                                                 Pagina 23
PROJECTNAAM : standaardgebouw Simulaties.PRJ
TECHNICUS :
DATUM : 22 april 2005      TIJD : 14:01:38
OMSCHRIJVING : Standaardgebouw Simulaties

```

FREQUENTIEVERDELING VERTREKLUCHTTEMPERATUUR EN BUITENLUCHTTEMPERATUUR IN VERTREK 1 (Ruimte : E)

[illegible]

Idem voor de ruimtes 2 en 3

```

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|                               STORK WORKSPHERE                               |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
| Programma   : VABI - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VAt14 - Versie 2.16 |
| Projectnummer:                               Pagina 26                      |
| Projectnaam  : standaardgebouw Simulaties.PRJ                            Gebouw 1 |
| Technicus   :                               |
| Datum       : 22 april 2005   Tijd : 14:01:38                             |
| Omschrijving: standaardgebouw Simulaties                                  |

```

FREQUENTIEVERDELING KOEL-/VERWARMINGSVERMOGEN EN BUITENLICHTTEMPERATUUR

	KOELVERMOGEN (kW)----->													<----- VERWARMINGSVERMOGEN (kW)												
T-BUITEN>	93	93	84	74	65	56	46	37	28	19	9	0	5	11	16	21	27	32	37	43	48	54	54			
T _c =0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	83	57	14	5	3	-			
0<T _c =1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	55	89	-	-	-	-			
1<T _c =2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	72	-	-	-	-	-			
2<T _c =3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	34	55	-	-	-	-	-			
3<T _c =4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	101	1	-	-	-	-	-	-			
4<T _c =5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	20	94	-	-	-	-	-	-	-			
5<T _c =6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	77	54	-	-	-	-	-	-	-			
6<T _c =7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	95	-	-	-	-	-	-	-	-			
7<T _c =8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	45	77	-	-	-	-	-	-	-	-			
8<T _c =9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	97	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
9<T _c =10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	27	69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
10<T _c =11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46	59	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
11<T _c =12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
12<T _c =13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
13<T _c =14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
14<T _c =15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	135	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
15<T _c =16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
16<T _c =17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	43	96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
17<T _c =18	-	-	-	-	-	-	1	7	10	40	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
18<T _c =19	-	-	-	-	-	-	2	11	20	30	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
19<T _c =20	-	-	-	-	-	4	5	7	17	32	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
20<T _c =21	-	-	-	2	5	5	6	19	7	25	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
21<T _c =22	-	-	-	4	5	12	11	5	3	12	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
22<T _c =23	-	-	1	1	4	9	3	11	10	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
23<T _c =24	-	1	-	1	3	5	6	4	7	7	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
24<T _c =25	1	1	1	3	2	2	3	5	5	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
25<T _c =26	4	1	6	9	3	4	3	2	3	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
26<T _c =27	2	2	2	4	2	3	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
27<T _c =28	-	4	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
28<T _c =29	-	-	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
29<T _c =30	1	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
30<T _c =31	-	1	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
31<T _c =32	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
32<T _c =33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
33<T _c =34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
34<T _c =35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
35<T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
TOTAAL	8	11	15	24	22	34	37	47	74	72	226	895	118	251	281	298	185	172	57	14	5	3	-			

-----+-----
 | STORK WORKSPHERE |
 -----+-----

Programma : VAB - Temperatuuroverschrijdingsprogramma VA114 - Versie 2.16
 Projectnummer: Pagina 27
 Projectnaam : standaardgebouw Simulaties.PRJ Gebouw 1
 Technicus :
 Datum : 22 april 2005 Tijd : 14:01:38
 Omschrijving : Standaardgebouw Simulaties

UITVCERRESULTATEN IN VERTREK 1 (Ruimte : 5)

Overschrijdingen bij 25.0 gr.C. : 0 uur en bij 28.0 gr.C. : 0 uur
 Maximum temperatuur : 24.0 gr.C.

Uitgangspunten bepaling van weeguren : Metabolisme : 1.20 Met.
 Clo-waarde : 0.70 / 0.90
 Relatieve luchtsnelheid : 0.15 m/s

Orderschrijding PMV < -0.5 : 1208 gewogen overschrijdingsuren
 Overschrijding PMV > 0.5 : 64 gewogen overschrijdingsuren

Frequentieverdeling vertrekluichttemperatuur (aantal uren)

T<=15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	T>40
0	0	0	0	2	0	51088	2031551	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

UITVCERRESULTATEN IN VERTREK 2 (Ruimte : 3)

Overschrijdingen bij 25.0 gr.C. : 0 uur en bij 28.0 gr.C. : 0 uur
 Maximum temperatuur : 24.0 gr.C.

Uitgangspunten bepaling van weeguren : Metabolisme : 1.20 Met.
 Clo-waarde : 0.70 / 0.90
 Relatieve luchtsnelheid : 0.15 m/s

Orderschrijding PMV < -0.5 : 1181 gewogen overschrijdingsuren
 Overschrijding PMV > 0.5 : 62 gewogen overschrijdingsuren

Frequentieverdeling vertrekluichttemperatuur (aantal uren)

T<=15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	T>40
0	0	0	0	2	0	41091	1981554	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

UITVCERRESULTATEN IN VERTREK 3 (Ruimte : 7)

Overschrijdingen bij 25.0 gr.C. : 0 uur en bij 28.0 gr.C. : 0 uur
 Maximum temperatuur : 24.0 gr.C.

Uitgangspunten bepaling van weeguren : Metabolisme : 1.20 Met.
 Clo-waarde : 0.70 / 0.90
 Relatieve luchtsnelheid : 0.15 m/s

Orderschrijding PMV < -0.5 : 1207 gewogen overschrijdingsuren
 Overschrijding PMV > 0.5 : 64 gewogen overschrijdingsuren

Frequentieverdeling vertrekluichttemperatuur (aantal uren)

T<=15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	T>40
-------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	------

MAXIMAAL VERBRUKTE VERMOGENS

Warmtelevering tgv inblaasluicht in vertrek 1	op 13- 1 cm 8 uur :	3131. Watt
Koudelevering tgv inblaasluicht in vertrek 1	op 16- 4 cm 16 uur :	-14052. Watt

Warmtelevering tgv inblaasluicht in vertrek 2	op 13- 1 cm 8 uur :	2807. Watt
Koudelevering tgv inblaasluicht in vertrek 2	op 16- 4 cm 16 uur :	-14052. Watt

Warmtelevering tgv inblaasluicht in vertrek 3	op 13- 1 cm 8 uur :	3107. Watt
Koudelevering tgv inblaasluicht in vertrek 3	op 16- 4 cm 16 uur :	-14052. Watt

Maximaal verbruikte vermogens in centrale luchtbehandelingsinstallatie

Warmtelevering door heater	op 28-12 cm 8 uur :	49696. Watt
Koudelevering door koeler (voelbaar+latent)	op 26- 8 cm 15 uur :	-61541. Watt
Koudelevering door ontvochtiging (voelbaar+latent)	op 15- 7 cm 15 uur :	-119184. Watt

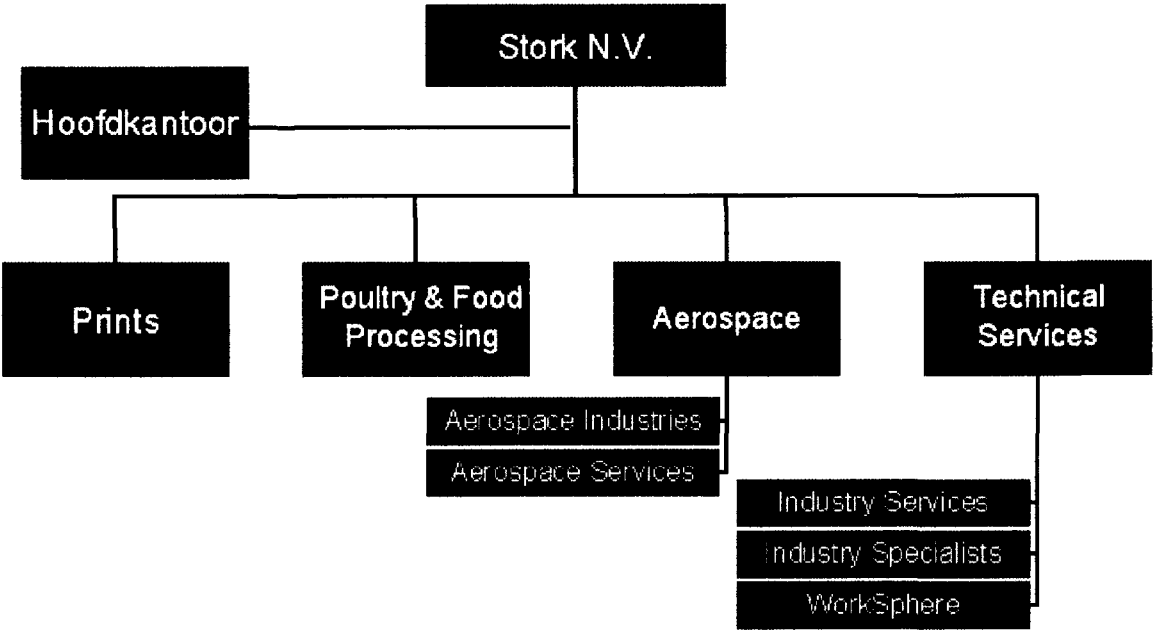
Bijlage 5 VABI simulatieresultaten

	Referentie	Gebouwmassa	RC Jade	Zonwering	ZTA	Glasoppervlak	Nieuwe stooklijn	Ventilatievoud	Zomernachtventilatie	Bevochtiging	Totaal
TO uren											
TO uren 25°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TO uren 28°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gewogen onderschrijdingsuren PMV <0,5	1325	1322	1240	2323	1944	1251	1425	1185	1325	1510	958
Gewogen overschrijdingsuren PMV >0,5	57	44	64	0	0	0	19	0	57	51	0
Jaaroverzicht LBK											
<i>Realiseren temperatuur inblaaslucht</i>											
Warmtelevering door Buitenlucht	2406	2406	2406	2427	2408	2407	17403	447	2406	2406	447
Warmtelevering door Heater	48475	48606	48246	50714	50513	49908	42026	16354	48475	48475	14111
Koudelevering door Buitenlucht	282187	282244	282865	265195	271774	277325	291481	96154	282187	242969	73637
Koudelevering door Koeler	8824	8824	8824	8817	8824	8824	6630	2942	8824	8824	2209
Dissipatie door Ventilatoren	60732	60732	60732	60720	60724	60728	60672	20250	60732	60656	20197
<i>Realiseren vochtigheid inblaaslucht</i>											
Warmtelevering tbv bevochtiging	54450	54344	54728	50388	51139	52444	30054	18208	54450	6583	1015
Warmtelevering tbv ontvochtiging	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
Koudelevering tbv ontvochtiging	18800	18800	18800	18786	18799	18800	82165	6268	18800	18800	6263
Lokale warmte en koudelevering											
Warmtelevering via centr. Inblaas	36	13	29	68	56	14	2595	5	36	36	1
Warmtelevering via lokale unit x 10 ³	134	135	127	198	178	122	170	103	134	134	88
Koudelevering via centr. Inblaas x 10 ³	136	136	137	120	126	131	218	45	136	136	36
Koudelevering via lokale unit x 10 ³	117	115	121	10	31	49	79	111	117	117	1
Totale warmtelevering (lokaal) x 10 ³	135	135	127	198	178	122	172	103	135	135	88
Totale koudelevering (lokaal) x 10 ³	253	251	258	129	157	180	296	156	253	253	36
Totale energielevering aan ruimte x 10 ³	387	386	385	327	336	302	469	259	387	387	124
Energiegebruik verwarming en koeling											
Totaal energiegebruik verwarmen x 10 ³	183	183	175	248	229	172	212	119	183	183	102
Totaal energiegebruik koelen x 10 ³	125	124	130	18	40	57	85	114	125	125	3
Totaal energiegebruik verwarmen en koelen x 10 ³	308	307	305	267	269	229	297	233	308	308	105
Energiegebruik totaal (verwarming, koeling, be- en ontvochtiging) x 10 ³	382	380	379	336	339	300	409	258	382	334	112
Besparing tov totaal (%)	0	0.4	0.7	12.0	11.3	21.3	-7.3	32.5	0.0	12.5	70.6
Besparing t.o.v. referentie?	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEE	JA	JA	JA	

Bijlage 6 Bedrijfsinformatie

Stork N.V.

Stork is een concern dat wereldwijd is vertegenwoordigd met ongeveer 13.000 werknemers. Aan hun klanten leveren zij technische componenten, complete systemen en diensten. Het concern is opgedeeld in 4 operationele eenheden:



Figuur 1: Organigram Stork N.V.

Prints group:	Ontwikkeling en productie van rotatie-zeefdruksystemen en digitale systemen voor alle processtappen in het drukproces, voor zowel de textieldrukmarkt als de grafische drukmarkt.
Poultry & Food Processing group:	Ontwerpen, ontwikkelen, produceren en onderhouden van industriële systemen en installaties voor het verwerken van pluimvee en het produceren van convenience food.
Aerospace group:	Ontwikkeling en productie van hoogwaardige componenten en systemen voor de lucht- en ruimtevaartindustrie en levering van geïntegreerde servicediensten en producten aan eigenaren en gebruikers van vliegtuigen.
Technical service group:	Een kennisintensieve en professionele leverancier van integrale, technische dienstverlening voor installaties en machines in de industriële en de utiliteitsmarkt.

Technical service group

Stork Technical Services is een kennisintensieve en professionele leverancier van integrale, technische dienstverlening voor elektrotechnische- en werktuigbouwkundige installaties en machines in de industriële en utiliteitsmarkt.

De Technical service group is opgebouwd uit de volgende strategische units: Industry Services, Industry Specialists en WorkSphere.

Stork WorkSphere

Geschiedenis

In 1992 zijn onder de naam Stork Installatietechnik 2 Stork bedrijven samengebracht. Dit waren Stork Nolte (m.n. elektrotechniek) en Stork Bronswerk (m.n. werktuigbouw). Door deze samenvoeging is ruim 75 jaar ervaring in de installatietechnik samengebracht bij één bedrijf. Vanaf 1 februari 2001 zijn Stork Technisch Beheer en Stork Installatietechnik samen gegaan in Stork WorkSphere.

De organisatie

Stork WorkSphere heeft haar vestigingen verspreid over het land. Dit is het resultaat van het samengaan van Installatietechnik en Technisch beheer.

Het hoofdkantoor is gevestigd in De Meern, daarnaast zijn er 15 servicevestigingen onderverdeeld in drie regio's: Noord-Oost, Zuid en West

Opdracht verdeling

De opdrachten tot 150.000 euro vallen onder de verantwoording van de vestigingen. Opdrachten die een hogere waarde vertegenwoordigen vallen onder de verantwoording van de regiokantoren.

De kerncompetenties

Door de jarenlange ervaring in de installatiewereld is er in het bedrijf verregaande kennis op het gebied van technische installaties en systemen die de werkomgeving van mensen bepalen. Hierbij kan gedacht worden aan de volgende systemen: verwarming, airconditioning, communicatie/informatie, energie, water, toegangscontrole en brandbeveiliging

Marktpositie

Stork WorkSphere behoort in Nederland tot een van de vier grootste ondernemingen die zich op advies, implementatie en technisch beheer en onderhoud van gebouwgebonden installaties richten.



Stork Wark-Schritte

Hauptinhalt von 120 p. 10

• Baupf.
• Objekt
• Werkstoff
• Lebensdauerberechn.
• Simulationsanfragen
• Simulationsresultate
• Projektfortschritt
• Berichtigungen
• Kommentare
• Anmerkungen

Opdracht

- Totstandkoming opdracht
- Doelstelling:

Het in getallen uitdrukken van de relatie tussen
bouwkundige en installatietechnische factoren
op het comfort en het energiegebruik
- Persoonlijke motivatie t.a.v.
 - bedrijf
 - opdracht

Aktuelle Version 0.0.0.0

STORK

Stork Wark-Schritte

Hauptinhalt von 120 p. 10

• Baupf.
• Objekt
• Werkstoff
• Lebensdauerberechn.
• Simulationsanfragen
• Simulationsresultate
• Projektfortschritt
• Berichtigungen
• Kommentare
• Anmerkungen

Werkwijze

- Literatuuronderzoek
 - Klimaatinstallaties
 - Thermisch behaaglijkheid
- Energiegebruik
- Simulatieonderzoek
 - Simuleren van bouwkundige en installatietechnische
maatregelen
 - Gebouwsimulatieprogramma's: h.e.n.k. en VA 114
- Praktijkonderzoek

Aktuelle Version 0.0.0.0

STORK

Stork Wark-Schritte

Hauptinhalt von 120 p. 10

• Baupf.
• Objekt
• Werkstoff
• Lebensdauerberechn.
• Simulationsanfragen
• Simulationsresultate
• Projektfortschritt
• Berichtigungen
• Kommentare
• Anmerkungen

Literatuuronderzoek

- Klimaatinstallaties
 - functionele decompositie
 - inregelen en optimaliseren
- Thermische behaaglijkheid
 - comfortparameters
- Energiegebruik
 - gebouwbehoefte

Aktuelle Version 0.0.0.0

STORK

Stork WoonSphère

Handout van Uto-3D

• Bouwkundig

• Installatie-technisch

Simulatiemaatregelen

1. *Verhogen* specifiek werkzame massa (SWM)
2. *Verhogen* Rc- waarde
3. *Toepassen* zonwering
4. *Verlagen* ZTA-waarde glas
5. *Verlagen* glafractie in de zuidgevel

Afsluizen installatie

STORK

Stork WoonSphère

Handout van Uto-3D

• Bouwkundig

• Installatie-technisch

Simulatiemaatregelen

6. *Verlagen* bevochtiging
7. *Toepassen duurzame* warmteopwekking
8. *Toepassen duurzame* koudeopwekking
9. *Optimalisatie* stooklijn luchtbehandeling
10. *Verlagen* ventilatievoud
11. *Toepassen* voorwaardelijke nachtventilatie

Afsluizen installatie

STORK

Stork WoonSphère

Handout van Uto-3D

• Comfort

• Energievraag

• Primaire energie

• EPC

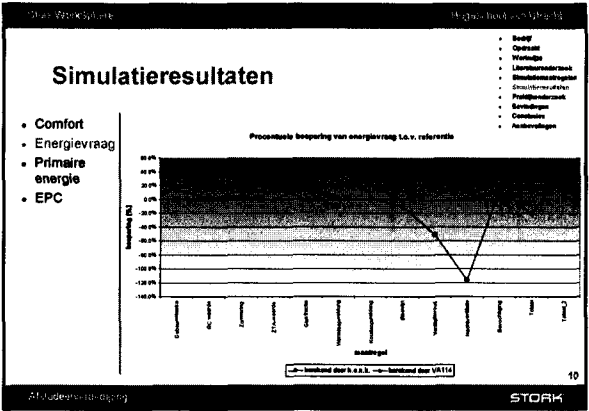
Simulatiere resultaten

Procentuele verandering van de uren met onacceptabele PMV waarden

Legend: — Uren met PMV < -0.5 — Uren met PMV > 0.5

Afsluizen installatie

STORK



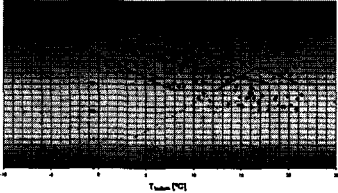
Dink WorkSphere

Project: Interpay van Utrich 10

Praktijkonderzoek

Stooldijn optimalisatie Interpay
(15.000 m² kantoorpand langs A12, Utrecht)

Stooldijn



Resultaat nog onbekend.

Prognose:
€ 25.000
besparing op jaarlijkse
energierekening!

Afsluiten en afsluiten

STORK

Dink WorkSphere

Project: Interpay van Utrich 10

Bevindingen

- Literatuuronderzoek
- Simulatieonderzoek
 - Comfort
 - Energie
- Praktijkonderzoek
 - Literatuur komt overeen met praktijk, simulatie blijft achter.

Afsluiten en afsluiten

STORK

Dink WorkSphere

Project: Interpay van Utrich 10

Conclusies

- Het in getallen uitdrukken van de invloed van bouwkundige en installatietechnische maatregelen op comfort- en energieprestaties van gebouwen is gesiaagd met behulp van computersimulatie.
- Energiebesparing en comfortverbetering hoeven niet tegenstrijdig te zijn. Dit bleek uit:
 - Verhogen van de gebouwmassa
 - Verlagen van de glasfractie
 - Verlagen van de minimale luchtvochtigheid
- Effect van een goed binnenklimaat wordt onderschat.

Afsluiten en afsluiten

STORK

Werkverdeling afstudeerscriptie

In onderstaande tabel vindt u een overzicht met daarin de verdeling van de werkzaamheden aan de scriptie zoals uitgevoerd door Gertjan (GJ) en Klaasjan (KJ).

Algemene gegevens	KJ
Management summary	KJ
Voorwoord	GJ
Inleiding	KJ
DEEL I LITERATUURONDERZOEK	
1. Klimaatinstallaties in de utiliteitsbouw	GJ
2. Thermische comfortprestatie van gebouwen.	KJ
3. Energiegebruik door klimaatinstallaties in utiliteitsgebouwen	GJ
4. Inregelen en optimaliseren van klimaatinstallaties.	KJ
DEEL II SIMULATIEONDERZOEK	
5. Vooronderzoek simulatieonderzoek	GJ
6. Gebouwsimulatie	KJ / GJ
7. Simulatieresultaten	KJ
DEEL III PRAKTIJKONDERZOEK	
8. Praktijkcase	GJ
DEEL IV BEVINDINGEN	
Bevindingen	KJ
Conclusie	GJ
Aanbevelingen voor Stork Worksphere	KJ / GJ
Literatuurlijst	KJ / GJ
BIJLAGEN	
Bijlage 1 Gegevens referentiegebouw	KJ
Bijlage 2 H.E.N.K. rapportage referentiekantoor	KJ
Bijlage 3 H.E.N.K. Simulatieresultaten	KJ
Bijlage 4 VABI rapportage referentiekantoor	GJ
Bijlage 5 VABI simulatieresultaten	GJ
Bijlage 6 Bedrijfsinformatie	KJ

Aan: Docenten Hogeschool van Utrecht

Maarssen, 24 mei 2005

Betreft: Inleveren afstudeerscriptie

Geachte heer,

Bijgaand treft u een exemplaar aan van onze afstudeerscriptie en een overzicht met daarop een verdeling van de door ons gedane werkzaamheden.

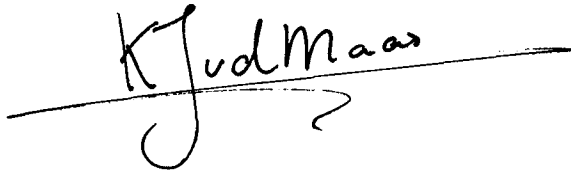
Wij wensen u veel leesplezier en hopen op een goede examenzitting.

Met vriendelijke groet,

Gertjan van den Brink
Klaasjan van der Maas

Bijlagen:

- Werkverdeling
- Afstudeerscriptie

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'KJ van der Maas', with a long horizontal stroke extending to the right.A handwritten signature in black ink, appearing to read 'GJ van den Brink', with a long horizontal stroke extending to the right.