

Die klimaatbehaaglikheidsone in die Suid-Afrikaanse huis

**deur
Erica de Lange**

**Voorgelê ter vervulling van 'n deel van die vereistes vir die graad Magister in Toegepaste
Wetenskappe in die
Fakulteit Natuurwetenskappe,
Universiteit van Pretoria,
Pretoria**

Julie 2001

VOORWOORD EN BEDANKINGS

Gedurende 1999 het studente van die Universiteit van Pretoria opnames gedoen in 33 huise in Meerhof vir die Hartebeespoort Plaaslike Geïntegreerde Hulpbronbeplanningsprojek. Die data is toe deur middel van Einstein Quick II verwerk en 'n simulاسie van energieverbruik is van elke huis gemaak. Uit hierdie simulاسies het dit geblyk dat gemiddeld 72,7 % van die mense ongemaklik was in hul huise by die maksimum buitelugtemperatuur. Daaruit blyk dit dat toestande onbehaaglik is binne die huise en dat die ontwerpnorme wat vir die huise gebruik was, ontoereikend is.

Hierdie studie is gedoen om uit te vind watter ontwerpnorme Suid-Afrikaanse argitekte vir die ontwerp van privaat huise (enkel wooneenhede) gebruik, dit met die literatuur te vergelyk en te bepaal of die argitekte klimaatstreke en seisoene in ag neem wanneer huise ontwerp word met die oog op binnenshuise termiese gemak. 'n Geografiese Inligtingstelsel (GIS; *Arcview – Spatial Analyst*) is gebruik vir die berekening van die gewenste dT-waardes en vir die maksimum toelaatbare amplitudeverhoudings vir die verskillende klimaatstreke in Suid-Afrika onder somer- en wintertoestande. Dit is gebruik om afleidings te maak oor watter ontwerpnorme geskik is vir huise in elke klimaatstreek onder somer- en winter toestande.

Verskeie persone het tot hierdie verhandeling bygedra:

Ek is dank verskuldig aan my studieleier prof. D. Holm vir sy belangstelling, leiding en aanmoediging. Sonder die samewerking van al die argitekte wat die vraelyste beantwoord het, sou hierdie verhandeling nie moontlik gewees het nie. Dankie aan Gabby vir opleiding in Geografiese Inligtingstelsels en die ontwerp van die kaarte. 'n Spesiale woord van dank aan dr D.F. Louw vir taalversorging van die dokument.

INHOUDSOPGAWE

EKSERP	v
ABSTRACT	vi
TERMELYS	vii
LYS VAN FIGURE	viii
LYS VAN TABELLE	ix
HOOFSTUK 1 - INLEIDING	1
1.1 Agtergrond	1
1.2 Stand van kennis	2
1.3 Die probleemstelling	4
1.4 Die motivering	5
1.5 Uiteensetting van die ondersoekprosedure	6
HOOFSTUK 2 - ENERGIE AS BEPERKTE HULPBRON	10
2.1 Inleiding	10
2.2 Energiebronne	10
2.3 Energieverskaffing	11
2.4 Fisiese koste van elektrisiteit	12
2.5 Opsomming	13
2.6 Gevolgtrekking	13
HOOFSTUK 3 - DIE ONTWIKKELING VAN DIE KONSEP VAN 'N	14
TERMIESE GEMAKSONE	
3.1 Inleiding	14
3.2 Die verwantskap tussen klimaat en ontwerp in die klassieke tydperk tot en met die begin van die 19de eeu	14
3.3 Die behoefte aan die ontwikkeling van die termiese gemaksone	15
3.4 Nuwe vewikkelings in die bepaling van die gemaksone - die invloed van die bewoners se aktiwiteite	18
3.5 Die ontstaan van ASHRAE- en ISO standaarde	21
3.6 Die gebruik van psigometriese kaarte vir die bepaling van die termiese gemaksone	23
3.7 Die hede	25
3.8 Opsomming	27

3.9 Gevolgtrekking	28
HOOFSTUK 4 – SUID-AFRIKAANSE ARGITEKTE SE ONTWERPNORME	29
4.1 Inleiding	29
4.2 Vraelyste terug ontvang	29
4.3 Resultate en bespreking	29
4.4 Opsomming	38
4.5 Gevolgtrekking	38
HOOFSTUK 5 – DIE OPSTEL VAN ONTWERPNORME VIR DIE KLIMAATSTREKE IN SUID-AFRIKA	40
5.1 Inleiding	40
5.2 dT as bepalende faktor van ontwerpnorme	40
5.3 Amplitudeverhouding as bepalende faktor van ontwerpnorme	41
5.4 Resultate en bespreking	43
5.5 Opsomming	52
5.6 Gevolgtrekking	53
HOOFSTUK 6 - OPSOMMING, GEVOLGTREKKING EN AANBEVELINGS	54
6.1 Opsomming	54
6.2 Gevolgtrekking	55
6.3 Aanbevelings	56
BYLAES	58
1. Vraelys oor ontwerpnorme (Afrikaans)	58
2. Vraelys oor ontwerpnorme (Engels)	59
3. Klimaatstreke van Suid-Afrika met die toepaslike ontwerpnorme vir geboue	60
4. Berekening gebruik vir die bepaling van die gewenste dT en maksimum toelaatbare amplitudeverhouding vir somer- en wintertoestande vir verskillende klimaatstreke	71
5. Ontwikkeling van die databasis vir gebruik in die Geografiese Inligtingstelsel	79
BRONNELYS	84

EKSERP

Titel van Verhandeling: Die klimaatbehaaglikheidsone in die Suid-Afrikaanse huis

Student: Erica de Lange

Promotor: Prof. D. Holm

Departement: Navorsing en Nagraadse Studie: Skool vir die Bou-omgewing

Graad waarvoor verhandeling ingedien is: MSc (Toegepaste Wetenskappe)

Daar word vasgestel dat Eskom 'n probleem met die spitsverbruik van elektrisiteit deur die stedelike huishoudelike sektor ondervind en dat die bewoners nie binnenshuise termiese gemak in hul huise ervaar nie. Albei hierdie probleme kan moontlik verminder word deur gebruik te maak van passiewe sonenergieontwerpbeginsels by die ontwerp van huise. Suid-Afrika het 12 klimaatstreke, elk met 'n eie termiese gemaksone waarbinne die bewoners gerieflik kan wees. Die vraag ontstaan of die huise in hierdie streke ontwerp word sodat toestande binne die termiese gemaksone gehou word. Die ontwerpnorme wat deur argitekte in die verskillende klimaatstreke gebruik word, word met die toepaslike literatuur vergelyk en daar word vasgestel dat argitekte nie klimaatstreke en seisoene in ag neem wanneer huise ontwerp word nie. Volgens die argitekte ervaar die bewoners wel binnenshuise termiese gemak. 'n Geografiese Inligtingstelsel word gebruik om die gewenste dT-waardes en maksimum toelaatbare amplitudeverhoudings vir elke klimaatstreek vir somer- en wintertoestande te bepaal. Die bogenoemde twee faktore kan nie onafhanklik van mekaar beskou word wanneer hulle gebruik word vir die aanbeveling van ontwerpnorme vir huise in die verskillende klimaatstreke nie.

ABSTRACT

Title of thesis: The climate comfort zone in the South African house

Student: Erica de Lange

Supervisor: Prof. D. Holm

Department: Research and Postgraduate Study: School for the Built Environment

Degree for which thesis is submitted: MSc (Applied Science)

It has been identified that Eskom experiences a problem with urban households' peak hour electricity consumption and that residents do not experience indoor thermal comfort. Both problems could possibly be mitigated by the use of solar passive design principles for houses. South Africa has 12 climatic regions each with its own thermal comfort zone within which indoor thermal comfort can be experienced by residents. The question that is raised is, whether South African houses are designed in order to achieve thermal comfort. During the study the design standards used by architects are compared with those proposed in the relevant literature to obtain thermal comfort. It is determined that architects do not take climatic regions and seasons into consideration when designing houses but according to the architects residents do experience indoor thermal comfort. A Geographical Information System is used to determine the strictest dT values and amplitude ratios for every climatic region in summer and winter. The abovementioned factors can not be used independantly when suggesting standards for the design of houses.

TERMELYS

Binneklimaatontwerpnorme. Die maatstawwe wat gebruik word om weerstoestande binne huise te bereik wat vir die bewoners behaaglik is.

Binnenshuise maksimum amplitude. Dit is 3,5 K vir die somer en 4,0 K vir wintertoestande volgens Szokolay (1986). Berekeninge wat gebruik word om die maandelikse maksimum amplitude vir elke klimaatstreek te bereken: In die somer word 3,5/4 vermenigvuldig met die "amplitude" wat afgelees word van Szokolay se psigometriese grafiek en in die winter word 3,5/4 vermenigvuldig met die "amplitude" wat afgelees word van Szokolay se psigometriese grafiek. Die bogenoemde "amplitude" is die maksimum binnenshuise temperatuurswaai vir elke klimaatstreek, dit wil sê die verskil tussen die maksimum en die minimum temperatuur wat nog binne die gemaksones val, en dit behoort klein te wees.

Buite-amplitude. Die maksimum buitetemperatuur minus die minimum buitetemperatuur. Die verskil tussen dag en nag buitetemperature, ook genoem temperatuurskommelinge of temperatuurswaai. Dit is gewoonlik groot, maar is afhanklik van die klimaatstreek. Die temperatuur gegewens is van die Suid-Afrikaanse Weerburo verkry.

$dT = T_n - T_a$. Die verskil tussen die ideale binnetemperatuur en die buitetemperatuur

Gemaksones. Dit is die sone op 'n psigometriese kaart waarby die temperatuur en die relatiewe humiditeit van so 'n aard is dat 'n persoon nie te warm of te koud sal kry nie.

Geografiese Inligtingstelsel (GIS). Dit is die versameling, opberging, bestuur, analise en die voorstelling van data wat aan geografiese ligging gekoppel is, met behulp van 'n rekenaar. Dit ondersteun die besluitnemingsproses.

Maksimum toelaatbare amplitudeverhouding. Dit is die maksimum binnenshuise amplitude/temperatuurswaai gedeel deur die buite-amplitude/temperatuurswaai.

Ontoereikend. Dit is die situasie waarby die binneklimaatnorme vir huise van so 'n aard is dat die bewoners nie binne die huis termies gemaklik is nie.

Oorverhitte periode. Die tydperk gedurende die somermaande wanneer die temperatuur bo die gemaksones is.

Onderverhitte periode. Die tydperk gedurende die wintermaande wanneer temperatuur onder die gemaksones is.

Psigometriese grafiek. 'n Grafiese voorstelling om die effek wat 'n bepaalde klimaat op die mens se gemaksones het te kwantifiseer.

T_a . Die gemiddelde buitetemperatuur vir somer en winter word verkry uit die Suid-Afrikaanse Weerburo se bioklimaatdata afkomstig vanaf die rekenaar netwerk by die Universiteit van Pretoria

T_n . Die gemiddelde binnenshuise somer en winter temperature waarby bewoners gemaklik is. Dit word soos volg bereken: $T_n = 17,6 + 0,31 \times T_a$ (Szokolay, 1986:172), met 'n limietwaarde van $17,8 < T_n < 29,5 \text{ }^\circ\text{C}$

LYS VAN FIGURE

2.1	Hernieubare en nie-hernieubare energiebronne	10
2.2	Verskaffing van energie aan die huishoudelike sektor	12
3.1	Grafiek om Gekorrigeerde Effektiewe Temperatuur te bereken vir persone met ligte klere en wat ligte werk verrig	17
3.2	Die Voorspelde Persentasie Ongemaklike (PPD) persone as 'n funksie van PMV	21
3.3	Die ASHRAE-gemaksone van 'n gebied met 'n warm vogtige klimaat	24
3.4	Grense van die gemakone onder windstilstoestande vir somer en winter, vir gematigde en baie warm klimaatstreke	25
4.1	Die persentasie huiseienaars wat energiebewus is volgens respondente	29
4.2	Die persentasie argitekte wat energiebewus is	30
4.3	Bewoners se ervaring van binnenshuise termiese gemak volgens respondente	30
5.1	dT = verskil tussen die gemiddelde binnetemperatuur en die gemiddelde buitetemperatuur	41
5.2	Amplitudeverhouding = binne-amplitude/buite-amplitude	42
5.3	Gewenste gemiddelde somer-dT vir behaaglikheid	48
5.4	Gewenste gemiddelde winter-dT vir behaaglikheid	49
5.5	Maksimum toelaatbare gemiddelde someramplitudeverhouding vir behaaglikheid	50
5.6	Maksimum toelaatbare gemiddelde winteramplitudeverhouding vir behaaglikheid	51

LYS VAN TABELLE

1.1	Interne omgewingsontwerpkriteria	1
3.1	Bepaling van Ekwivalente Temperatuur deur gebruik te maak van lug-temperatuur en gemiddelde stralingstemperatuur	18
3.2	Kombinasie van kleredrag	19
3.3	Fanger se termiese skaal	20
3.4	ASHRAE-skaal	22
3.5	Die mens se termiese reaksie op Standaard Effektiewe Temperatuur (SET)	22
4.1	Ontwerpnorme wat in Suid-Afrika gebruik word, ingedeel volgens klimaatstreke	30
5.1	Die gewenste dT en behaaglike amplitudeverhoudings vir die verskillende klimaatstreke in Suid-Afrika (weerdata van een weerstasie per streek)	43
5.2	Die gewenste dT en behaaglike amplitudeverhoudings vir die verskillende klimaatstreke in Suid-Afrika (weerdata van elke 1° breedtegraad)	44

HOOFSTUK 1 - INLEIDING

1.1 Agtergrond

Huise met natuurlike ventilasie word dikwels ontwerp volgens norme wat geskik is vir geboue met lugreëling. Volgens Spoomaker (1991:21) is die termiese gemak- en lugkwaliteitsnorme vir geboue met lugreëling soos in Tabel 1.1 aangegee. Hierdie norme vir geboue met lugreëling vir humiditeit- en lugspoedbeperking neem nie akklimatisering en persone se verwagtinge van gemak in 'n warm vogtige klimaat in ag nie (Givoni 1992:13).

TABEL 1.1 - Interne omgewingsontwerpkriteria (Spoomaker, 1991:21)

Veranderlike	*Vlak wat aanbeveel word		
	Luuks	Normaal	Ekonomies
Maks. temperatuur	23 °C	24 °C	26 °C
Min. temperatuur	22 °C	21 °C	19 °C
Temperatuurvariasie gedurende die dag	2 °C	3 °C	5 °C
Lugbeweging	0,1 - 0,2 m/s	0,1 - 0,3 m/s	0,1 - 0,5 m/s
Relatiewe humiditeit	40 - 60%	30 - 60%	Word nie beheer
Maks. geraasvlak	NC 38	NC 42	NC 45
Min. buitelug per persoon	15 l/s	8 l/s	8 l/s
Verandering in kleredrag vereis deur inwoner	geen	Koel - somer Warm - winter	Koel - somer Warm - winter
Totale hoeveelheid lug verskaf	8	6	4

* Hierdie is nie sosio-ekonomiese vlakke nie, maar vlakke van ontwerp vir gemak waarna verwys word. Luuks beteken dat die interne omgewing buitengewoon gemaklik sal wees; normaal beteken dat die interne omgewing net gemaklik sal wees, terwyl ekonomies beteken dat die interne omgewing nie heeltemal gemaklik sal wees nie.

Die wet op Masjinerie- en werkveiligheid (MOSACT) nommer ses van 1983 se regulasies bepaal termiese gemakparameters in die werksopset (Truter & Annegam 1991) en die Administrateur se Kennisgewing nommer 151 van 1951 (Publieke gesondheidsbywette) verskaf spesifieke maatstawwe vir die binneklimate in meganies geventileerde geboue (Truter & Annegam 1991). Die termiese aanvaarbaarheid van die omgewing word met behulp van die Nat Kata-verkoelingsindeks (WKI) bepaal. 'n WKI van 16 word as aanvaarbaar beskou. Die Wetenskaplike en Nywerheidsnavorsingsraad (WNNR) het Nasionale Bouregulasies opgestel, maar dit sluit nie spesifieke regulasies in ten opsigte van die boumateriaal wat gebruik moet word om termiese gemak te bereik nie. Daar bestaan geen spesifieke ontwerpnorme vir termiese gemak binne natuurlik geventileerde huise in Suid-Afrika nie. Dit word aan die

argitek oorgelaat om energie-effektief te ontwerp. Holm & Viljoen (1996) beveel aan dat argitekke van passiewe sonenergieontwerpbeginsels gebruik moet maak om bogenoemde te bereik.

Dit sluit onder andere in die ontwerp en die plasing van die huis en die tipe boumateriaal wat gebruik word (dit wil sê die massa, glasing, isolering, die gebruik van daglig, ventilering en ander stelsels wat nodig mag wees). Wanneer die bogenoemde ontwerpbeginsels gebruik word, is baie minder energie nodig om behaaglike toestande binne die huis te verkry (Holm & Viljoen 1996:1). Volgens Holm (1996:5) is die temperatuur waarby mense gemaklik voel, tussen 16 en 32 °C en dit is optimaal by 21 of 22 °C vir 'n sittende persoon wat blootgestel is aan 'n lugspoed van 1 m/s.

Internasionaal bestaan daar tans spesifieke wetgewing en standarde (ISO 7730) wat gebruik word om gemak binne geboue te bereik ten opsigte van lugkwaliteit (Truter & Annegam 1991), maar daar is geen spesifieke wetgewing in Suid-Afrika nie. Dele van bestaande wette soos die Wet op Masjinerie en Beroepsveiligheid nommer ses van 1983 word in Suid-Afrika gebruik as regulasies vir die bepaling van termiese gemak binne die werksopset in kommersiële geboue (Truter & Annegam 1991). Die nodigheid en die toepassing van beheer in die industriële werksopset word algemeen aanvaar, maar die toepassing van die regulasie word nie afdwinging nie varweë sekere besware tot die benadering.

Dit blyk dat daar 'n tekort aan binneklimateontwerpnorme vir natuurlik geventileerde huise in Suid-Afrika bestaan.

1.2 Stand van kennis

1.2.1 Energiebestuur

Volhoubare ontwikkeling

Dit beteken om aan die behoeftes van die huidige generasie te voldoen, sonder om 'n beperking op die vermoë van toekomstige generasies om aan hulle behoeftes te voldoen, te plaas (Eberhard en Van Horen 1995 uit die Brundtland verslag). Dikwels is die volle ekologiese impak van ontwikkelings eers oor die langtermyn sigbaar. Dit skep 'n probleem, omdat die meeste industrieë konsentreer op wins en om so min as moontlik te bestee. Hulle het 'n korttermynperspektief en langtermynomgewingskoste word nie ingereken by die koste van hulle produkte nie (Eberhard en Van Horen 1995:34). In 'n sekere sin kan 'n mens sê industrieë kom met moord weg, want omgewinsvernietiging kos baie min, of is verniet. Enige volhoubare program wat daarop gerig is om wêreldwye omgewingsimpakte van

energieverbruik te minimaliseer, moet op 'n billike vlak van energieverbruik konsentreer (Eberhard en Van Horen 1995).

Die prys van elektrisiteit (c/kWh) in Suid-Afrika is baie laag in vergelyking met ander lande, omdat die koste verbonde aan omgewingsvernietiging wat gepaard gaan met elektrisiteitverskaffing, hoegenaamd nie in ag geneem word nie. Suid-Afrika se elektrisiteit word hoofsaaklik opgewek deur die verbranding van steenkool ('n nie-hernieubare hulpbron) en feitlik glad nie uit hernieubare hulpbronne nie.

Die huishoudelike sektor lewer 'n betekenisvolle bydrae tot die spitsaanvraag vir elektrisiteit. Die hoofgebruike van elektrisiteit in die stedelike huishoudelike sektor is vir waterverwarming, ruimteverkoeling of -verhitting en beligting. In 'n poging om aan die mens se energiebehoefes te voldoen (deur die ontginning en verbranding van steenkool vir die verskaffing van elektrisiteit) word die omgewing tot die mens se eie nadeel vernietig. Deur van energie-effektiewe maatstawwe soos passiewe sonenergieontwerpbeginsels gebruik te maak, kan die gebruik van elektrisiteit vir beligting, verwarming en verkoeling van huise tot die minimum beperk word en bydra tot die vermindering van die spitsaanvraag (Holm & Lane 1998). Hierdie ontwerpnorme kan binnenshuise temperature tot binne die gemaksone, of baie naby aan die gemaksone beperk. Daar is reeds vasgestel dat, wanneer huise 50% meer effektief ontwerp en gebou word dit die gebruik van verwarmers sal verminder, wat dan die spitsaanvraag elektrisiteit sal verlaag en sodoende sal bydra daartoe dat die bou van kragstasies met een tot twee jaar vertraag kan word (Gildenhuys 2001).

1.2.2 Die gemaksone

In die boek "Manual for Energy Conscious Design" het Holm (1996:5,6) getoon dat daar verskillende temperature is waarby persone gemaklik voel. Hierdie temperatuur word deur 'n aantal faktore beïnvloed en kan deur middel van statistiese indekse, modelle of klimaatkamerstudies bepaal word. Gemak het 'n invloed op 'n persoon se gesondheid, maar ook op sy produktiwiteit.

In Suid-Afrika is daar 12 verskillende klimaatstreke en in elkeen van hierdie klimaatstreke sal die temperatuur waarby 'n persoon gemaklik voel, verskil soos aangedui deur psigometriese kaarte wat deur Holm (1996) opgestel is. Elke klimaatstreek se termiese gemaksone verskil.

1.2.3 Die basiese beginsels van passiewe ontwerp deur benutting van die son

Dit is 'n manier om binnenshuise gemak te bereik deur saam met die natuur te ontwerp en die son, wind en afkoeling snags tesame met die boumateriaal te gebruik (Holm & Viljoen 1996). Die gebou koel dus natuurlik af of verhit natuurlik en die minimum addisionele energie

(elektrisiteit) word benodig. Elke gebou funksioneer soos 'n sisteem en reageer passief op die invloed van die klimaat - vandaar die benaming "passief".

Die huis (of enige gebou) is soos 'n termiese sisteem wat uit 'n aantal komponente bestaan (Holm & Viljoen 1996). **Interne hitte** is afkomstig van ligte, elektriese toestelle en van die mens se liggaamshitte. **Eksterne stralingshitte word geabsorbeer** deur halfdeurskynende of deurskynende boumateriaal. **Hitte word in ondeursigtige materiaal oorgedra** deur middel van geleiding tussen twee oppervlakke. **Konveksie** tussen die binne- en buitegebou veroorsaak hitteverlies of -opname as daar 'n verskil in temperatuur is. **Verdampingsverkoeling** vind plaas as energie deur water geabsorbeer word om die verdampingsproses te beïnvloed. **Aktiewe hitteuitruiling** word meganies beïnvloed deur aktiewe beheer soos lugverkoeling.

Die bogenoemde faktore werk saam om 'n termiese ewewig te bereik waar die hitteverlies gelyk is aan die wins aan hitte, dit wil sê daar is geen vloeï van energie nie. Binnetemperature is dieselfde as buitetemperature. Maar vir 'n persoon om gemaklik te voel, sal die temperatuur gedurende die somer binne die huis egter laer moet wees as buite, en in die winter moet dit binne warmer wees as buite (Holm & Viljoen 1996). Die begeerde toestand kan bereik word deur die hitte-oordragfaktore te manipuleer. Hierdie passiewe sonontwerp verbeter die binnenshuise termiese omgewing deur middel van energie-effektiewe metodes (Holm & Viljoen 1996).

1.3 Die probleemstelling

1.3.1 Die hoofprobleem

Hierdie studie gaan poog om te bepaal of Suid-Afrikaanse argitekte volgens gemaksones ontwerp en indien nie, ontwerpnorme saam te stel wat gebruik kan word om termiese gemak binne huise te bereik.

1.3.2 Die subprobleme

Subprobleem 1. Bepaal of Suid-Afrikaanse argitekte klimaatstreke, dit wil sê terrein, in aanmerking neem by die ontwerp van huise.

Subprobleem 2. Bepaal of Suid-Afrikaanse argitekte seisoene in aanmerking neem by die ontwerp van huise.

1.3.3 Die hipoteses

Hipotese 1: Suid-Afrikaanse argitekte ontwerp huise in die reël nie volgens klimaatstreke nie.

Hipotese 2: Suid-Afrikaanse argitekte neem in die reël nie seisoene in aanmerking wanneer huise ontwerp word nie.

1.3.4 Die beperkings

Die studie word beperk tot die grense van Suid-Afrika en die 12 klimaatstreke in die land. Globale verwarming word nie in hierdie studie in ag geneem nie. Die gemiddelde globale verwarming tot aan die einde van die volgende eeu is volgens Houghton (1994:128) ongeveer 1,2 °C. Die verandering van temperatuur sal dus nie 'n betekenisvolle invloed hê oor die volgende tien jaar nie, en daarom word globale verwarming nie in ag geneem tydens hierdie studie nie. Aan die ander kant moet daar in gedagte gehou word dat die bestaande klimaatdata nie die heel nuutste is nie, maar is gemiddeldes vir die tydperk 1961 tot 1990. Die resultate kan beskikbaar gestel word aan alle argitekte, aan navorsers wat met die ontwikkeling van energie-effektiewe huise gemoeid is en aan die publiek (via stadsrade). Die begroting is minimaal, aangesien alle data reeds elektronies verkry is. Die uitdruk van kaarte sal sowat R50 kos.

1.3.5 Aannames

Daar word veronderstel dat die bewoners van huise se kleredrag in alle streke 1,5 *clo* is en hul metabolisme 1 *met*; dit wil sê die persone is almal rustend en van dieselfde ouderdom, hulle het dieselfde kultuur, is van dieselfde ras en hulle gesondheidstoestand stem ooreen. Die klimatologiese data is verteenwoordigend vir die volgende 10 jaar. Daar word ook aanvaar dat die argitek huise ontwerp vir die streek waar sy/haar kantoor geleë is.

1.4 **Die motivering**

Die meeste huise is klimatologies ongemaklik ontwerp. Deur van passiewe sonenergie-ontwerpbeginsels gebruik te maak, kan die binnenshuise gemak verbeter word en terselfdetyd kan die behoefte aan energie uit steenkool verminder word. Baie minder energie sal nodig wees om die binnetemperature binne die gemaksone te kry en dus sal die minimum elektrisiteit nodig wees vir waterverwarming, ruimteverwarming/-verkoeling en beligting. As die eindverbruiker elektrisiteit 60% effektief gebruik, sal die effektiwiteit van energieverbruik in die land 'n totaal van 17% wees (Hugo *et al* 1997). Die daaglikse spitslektrisiteitsverbruik sal daal. Gevolglik sal Eskom se elektrisiteitskapasiteit nie net op spitsverbruik hoef te fokus nie. Die doel is dus om deur middel van die korrekte ontwerpnorme spitslektrisiteitsverbruik af te plat tot 'n gelyke kontinuüm. Die ontwerpnorme wat gebruik gaan word, sal afhang van hoe ver die temperatuur in die klimaatstreek waarin die huis voorkom, en die winter- en somer- en dag- en nagtemperatuur van die streek se gemaksone afwyk.

Gewoonlik word energie bespaar omdat dit beteken dat geld bespaar kan word, maar dit verlaag ook die tempo waarteen nie-hernieubare energiehulpbronne uitgeput word. Wanneer energie bespaar word, word daar op die aanvanklike belegging (kapitale koste van die projek), verbrandingsmateriaal (gas, olie, steenkool, hout), en ander lopende koste (soos instandhouding, materiale, arbeid, diens gereedskap, opberging en hanteringskoste) bespaar (Eastop & Croft 1990:6).

Die effektiewe benutting van elektrisiteit beteken ook verlaagde omgewingsimpakte (soos die produksie van afval, hitte, globale verwarming en vernietiging van die osoonlaag). So byvoorbeeld kan huishoudings 4 000 GWh elektrisiteit per jaar bespaar deur 18 miljoen gewone gloeilampe met koste-effektiewe gloeilampe te vervang (Eskom 2000b). Vir elke 1 kWh elektrisiteit wat bespaar word, word 0,5 kg steenkool bespaar, dit beteken 2 000 ton minder steenkool moet ontgin te word, wat die degradering van die fisiese omgewing en besoedeling van die lug sal verminder met 44 ton SO_x en NO_x, 536 ton as en 3 840 ton CO₂. Vir elke eenheid (kWh) elektrisiteit wat deur die vervanging van gloeilampe bespaar word, word ongeveer 1,25 ℓ water bespaar (Eskom 2000b) dit wil sê 'n totaal van 5 000 kℓ water word bespaar. Deur die besparing van elektrisiteit in die huis word dus 'n ketting van ander besparings geïnisieer wat selfs die munisipaliteit, provinsie en die natuur raak.

1.5 Uiteensetting van die ondersoekprosedure

Die metode wat deur Leedy (1997:191) beskryf word as "descriptive survey", is gebruik om data te versamel. Waarneming is met behulp van 'n vraelys gedoen. 'n Voorbeeld is in Bylae 1 en 2 te vind. Die argitekke aan wie vraelys gefaks is, is volgens 'n ewekansige metode gekies. Hierdie argitekke is gelys in die "South African Institute of Architects directory 1999". Die argitekke wat uit die lys gekies is, moes privaat huise ontwerp (dit is telefonies bepaal) en in een van die geografiese streke binne die grense van Suid-Afrika praktiseer. Die data wat ontvang is, is gesorteer volgens klimaatstreke en die antwoorde is in tabelle uiteengesit soos later aangedui sal word by die behandeling van die subprobleme.

Die ontwerpnorme wat deur Suid-Afrikaanse argitekke gebruik is, is vergelyk met wat in "Manual for Energy Conscious Design" (sien Bylae 3) voorgestel is en die gevolgtrekking is gemaak dat die ontwerpnorme wat toegepas is, nie aan streeks- en seisoensvereistes voldoen nie. Dit het daartoe gelei dat klimaatdata gebruik is om die gewenste dT en die maksimum toelaatbare amplitudeverhouding te bereken vir elke klimaatstreek vir somer- en wintertoestande. Deur gebruik te maak van 'n Geografiese Inligtingstelsel (GIS) is die laasgenoemde twee faktore op kaarte aangedui. Met hierdie inligting beskikbaar kon ontwerpnorme vir die verskillende klimaatstreke vir somer- en wintertoestande opgestel word.

1.5.1 Data benodig vir subprobleem 1

Om subprobleem 1 (of die Suid-Afrikaanse argitekthe klimaatstreke, dit wil sê terrein, in aanmerking neem by die ontwerp van huise) op te los, is die volgende gegewens nodig:

- Daar moet vasgestel word wat die bestaande binneklimateontwerpnorme vir Suid-Afrikaanse huise vir die verskillende klimaatstreke in Suid-Afrika is.
- Daar moet ook bepaal word wat die terugvoer van bewoners is wanneer hierdie ontwerpnorme toegepas word.

Data-opname vir subprobleem 1

1. *Waar gegewens te vinde is*

Gegewens sal van argitekfirmas wat binne die grense van Suid-Afrika praktiseer verkry word, asook uit publikasies in Suid-Afrikaanse joernale, tydskrifte en boeke.

2. *Hoe gegewens bekom sal word*

Die name van argitekfirmas sal in die "South African Institute of Architects directory 1999" nageslaan word. Die firmas sal dan geskakel word om uit te vind of hulle huisontwerpe doen en aan wie 'n faks gestuur kan word in verband met ontwerpnorme vir huise. Die faks sal bestaan uit 'n briefhoof wat beskryf wie die ondersoek doen en waarvoor die inligting nodig is gevolg deur 'n vraelys van een bladsy. Wanneer dit nie moontlik is om 'n faks te stuur nie, sal die inligting per pos of e-pos gestuur word (Kyk **Bylae 1 en 2** vir die vraelyste wat gestuur is).

1.5.2 Data benodig vir subprobleem 2

Subprobleem 2 (bepaal of Suid-Afrikaanse argitekthe seisoene in aanmerking neem by die ontwerp van huise) is op dieselfde manier as subprobleem 1 hanteer.

1.5.3 Verwerking van data vir subprobleem 1 en 2

Vraag 3 wat handel oor die bewoners se ervaring van gemak in huise wat deur die argitekthe ontwerp is, gaan uitgedruk word as persentasies, naamlik die persentasie wat "ja", "nee" of "geen terugvoer" rapporteer nie. Die interpretering van die respons waar daar "geen terugvoer" aan die argitekthe gegee is nie, is afhanklik van die resultate van vraag 1 wat die bewoners se bewustheid van energie-effektiewe ontwerp aandui. As vraag 1 aandui dat die bewoners bewus is van energie-effektiewe ontwerp sal "geen terugvoer" geïnterpreteer word as dat die mense tevrede is met die huisontwerp (dus positief). As vraag 1 aandui dat die bewoners nie daarvan bewus was nie, sal "geen terugvoer" as negatief geïnterpreteer word.

Daar gaan 'n gemiddelde van die antwoorde op vraag 4 verkry word om te bepaal wat die ontwerpnorme van Suid-Afrikaanse argitekthe is. Dit sal dan vergelyk word met die norme wat deur Holm (1996) gegee is (sien **Bylae 3**). Daar sal spesifiek gekyk word na enige verwysings

na ontwerp om aan te pas by die klimaatstreek en om aan te pas by winter- en somertoestande. Vraag 2 oor die energiebeleid van die argitekfirma gaan gebruik word om die bewoners se reaksie binne konteks te plaas; dit wil sê 'n algemene indruk gaan uit vraag 2 verkry word.

1.5.4 Gegewens vir die opstel van ontwerpnorme met behulp van dT en die amplitude-verhouding:

- a) Gemiddelde binnenshuise somertemperatuur waarby die bewoners gemaklik is (T_n/θ_i) (R)
- b) Gemiddelde binnenshuise wintertemperatuur waarby die bewoners gemaklik is (T_n/θ_i) (R)
- c) Gemiddelde somerbuitetemperatuur (T_a/θ_o) (R)
- d) Gemiddelde winterbuitetemperatuur (T_a/θ_o) (R)
- e) Gewenste somer-dT (R)
- f) Gewenste winter-dT (R)
- g) Die buite-amplitude in die somer (R)
- h) Die buite-amplitude in die winter (R)
- i) Maksimum temperatuur vir Desember, Januarie en Februarie (S)
- j) Minimum temperatuur vir Desember, Januarie en Februarie (S)
- k) Maksimum temperatuur vir Junie, Julie en Augustus (S)
- l) Minimum temperatuur vir Junie, Julie en Augustus (S)
- m) Ideale binnenshuise amplitude in die somer (R)
- n) Ideale binnenshuise amplitude in die winter (R)
- o) Maksimum toelaatbare someramplitudeverhouding (R)
- p) Maksimum toelaatbare winteramplitudeverhouding (R)
- q) Die verskillende ontwerpnorme vir die verskillende klimaatstreke (R)

(In hakies word hierbo onderskeidelik met R en S aangetoon of hierdie data reeds berekende data is of gebruik moet word om berekenings mee te doen)

1.5.5 Inligting oor data wat in die Geografiese Inligtingstelsel gebruik gaan word

Kaart gaan op skaal 1:12 000 000 geteken word.

Oorsprong van brondata:

Vir die geografiese data is die Projeksietipe – Transverse Mercator, Datum – WGS84/Clarke 1880, Sentrale merideaan – vir die hele Suid-Afrika. Bioklimaatdata word digitaal uit die Netwerk (Rekenaarnaam Panda) by die Universiteit van Pretoria verkry, wat afkomstig is van die Suid-Afrikaanse Weerburo (SAWB).

Data-opnameprosedures

Geografiese data word gebruik in die vorm van koördinate en elke koördinaat het sekere kenmerke wat in die vorm van verhoudingsleërs voorkom.

Datakwaliteit

Die data is akkuraat, omdat daar van digitale data gebruik gemaak word, en die data is so presies moontlik, omdat geografiese data vir elke breedtegraad gebruik is.

Die rede waarom spesifieke data gebruik word

Geografiese data: Daar word van elke 1° se weerdara gebruik gemaak, want soveel punte as moontlik is nodig sodat kontoure oor die land getrek kan word en sover as moontlik gespesifiseer kan word waar watter ontwerpnorme gebruik moet word om huise energie-effektief vir die verskillende klimaatstreke te ontwerp.

Kenmerkedata:

T_a en T_n word gebruik om dT te bereken

Binnenshuise en buite-amplitude word gebruik om die amplitudeverhouding te bereken (maksimum binnenshuise amplitude/buite-amplitude = amplitudeverhouding)

dT en die amplitudeverhouding word gebruik om te bepaal watter **ontwerpnorme** nodig sou wees om die huise energiedoeltreffend te ontwerp.

HOOFSTUK 2 - ENERGIE AS BEPERKTE HULPBRON

2.1 Inleiding

Die Eerste wet van die Termodinamika lui dat energie nie geskep of vernietig kan word nie, maar dat dit slegs van een vorm na 'n ander omgeskakel kan word (Hugo *et al* 1997). Daar is dus net 'n beperkte hoeveelheid energiebronne vir gebruik beskikbaar. Die Tweede wet van die Termodinamika lui dat die benutting van energie tot entropie lei wat beteken die bruikbaarheid van energie neem af (Hugo *et al* 1997). Dit impliseer dat energiebronne nie op dieselfde vlak hergebruik kan word nie. As gevolg van die twee Wette van die Termodinamika word energie- en omgewingsprobleme in die wêreld beleef. Daar is nie genoeg energie vir gebruik nie. Die aanvraag oorskry die aanbod. Daar kan dalk genoeg hulpbronne beskikbaar wees, maar die ontginning daarvan vir die produksie van elektrisiteit sal dalk nie ekonomies wees nie (Sheaffer & Brand 1980). Derhalwe moet die beskikbare energie so effektief moontlik gebruik word.

2.2 Energiebronne

Die Primêre energiebronne kan verdeel word in hernieubare en nie-hernieubare klasse (Figuur 2.1). Nie-hernieubare hulpbronne kan nie binne die mens se leeftyd vervang word nie, maar solank as wat daar politieke stabiliteit is en daar genoeg voorraad is, sal dit gereeld en aanhoudend energie kan verskaf (Chapman 1989:3).

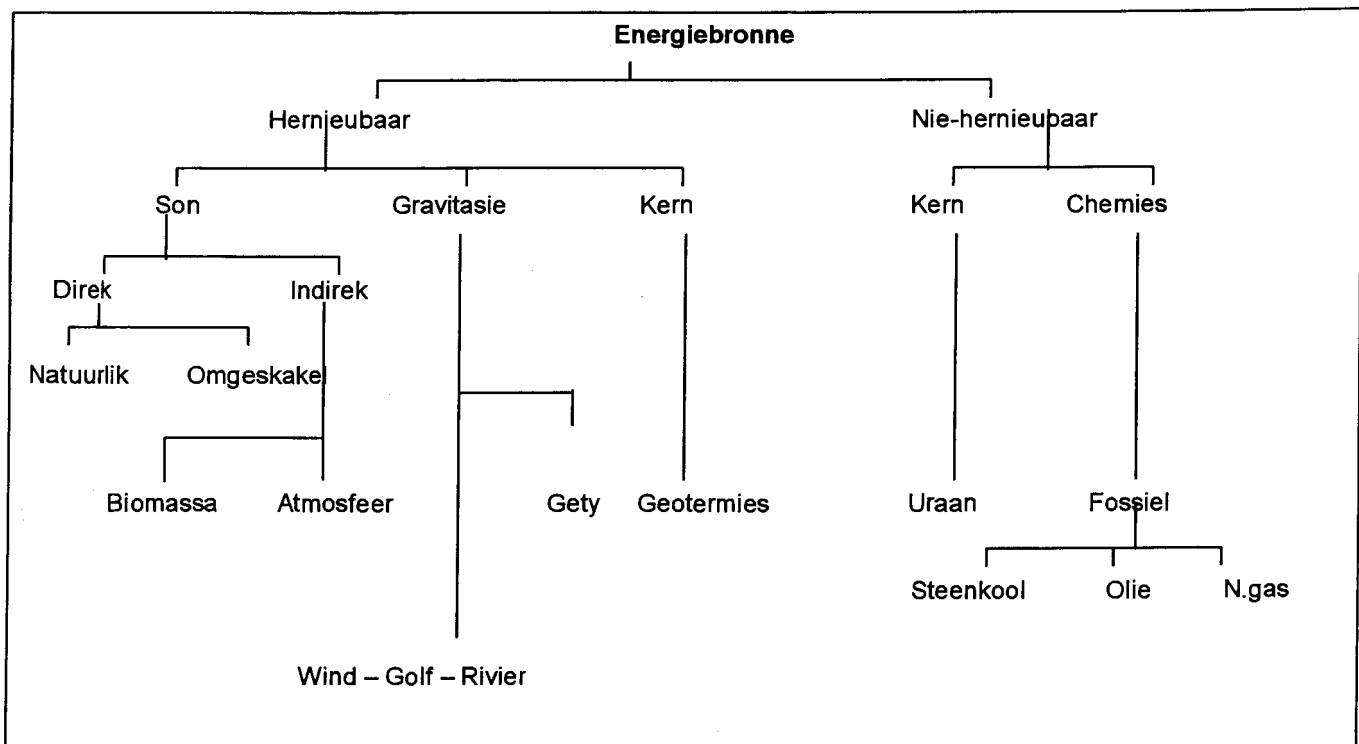


FIG. 2.1 - Hernieubare en nie-hernieubare energiebronne (Chapman 1989:4)

2.3 Energieverskaffing

2.3.1 Aanvraag

In Suid-Afrika is huishoudings verantwoordelik vir 30% van die spitsaanvraag, maar gebruik slegs 17% van die totale hoeveelheid elektrisiteit beskikbaar (Holm & Lane 1998:2). In Suid-Afrika word 50 GJ elektrisiteit per capita per jaar gebruik, waarvan die huishoudelike sektor se aandeel 9,5 GJ per capita per jaar is (Eberhard & Van Horen 1995:19). Die spitsaanvraag deur die stedelike huishoudelike sektor sal 'n maksimum bereik nog lank voordat Eskom se spitsaanbod 'n maksimum bereik het (Holm & Lane 1998:2).

Die hoofgebruike van energie in die huishoudelike sektor sluit onder andere voedsel-prosessering, lugverkoeling of verwarming, skoonmaak en onderhoud van die huis, ontspanning en kommunikasie in. Die energie wat deur 'n huishouding gebruik word, is nie net 'n funksie van die werk wat gedoen word nie, maar ook van die tipe elektriese toestelle wat tot beskikking van die bewoners is (Chapman 1989:24). Die grootte, tipe en boumateriaal van die huis is 'n belangrike faktor wat die lugverkoeling of verwarming wat nodig is, beïnvloed (Chapman 1989:24). Die grootste verbruik van elektrisiteit in stedelike huishoudings in Suid-Afrika is vir waterverwarming (22,5%), beligting (15,8%), die stoof en oond (17,6%) en verwarming vir die huis (18,4%) (Holm & Lane 1998:20). Die gemiddelde maandelikse elektrisiteitsverbruik in 'n voorstedelike huis beloop 656 kWh (Holm & Lane 1998:20).

Die voorspelling vir elektrisiteitsverbruik oor 20 jaar is dat ligte (18,2%), verwarming van die huis (18,1%), waterverwarming (15,3%) en ander gebruike in die kombuis (13,4%) tot die vraag na elektrisiteit sal bydra (Holm & Lane 1998:22); dit sal dubbel soveel as die huidige bydrae wees. By hierdie voorspelling is die aanname gemaak dat die lewenstandaard onveranderd bly van 1998 af en dat geen ander energie-effektiewe maatreëls as in 1998 geneem word nie, en dat daar 'n groei in elektrifisering in die voorstedelike gebiede en in ander sektore sal wees ooreenkomstig Eskom se ladingsvoorspellings (Holm & Lane 1998:22).

2.3.2 Aanbod

Suid-Afrika het die vyfde grootste steenkoolreserwe in die wêreld. Steenkool kom in 'n baie beperkte gebied in Gauteng, Mpumalanga, Natal en die Noordelike provinsie voor (Visser & Hobbs 1990). Eskom genereer 98% van SA se elektrisiteit, 94% uit steenkool en 5% uit kernkrag en die res is van hidro-elektriese krag en "pumped storage stations" afkomstig (Eberhard & Van Horen 1995:21). **Figuur 2.2** toon die verskaffing van elektrisiteit aan die huishoudelike sektor. In 1999 was Eskom se nominale opwekkingskapasiteit 40 585 MW, terwyl die nasionale spitsaanvraag 27 813 MW was (Eskom 2000b).

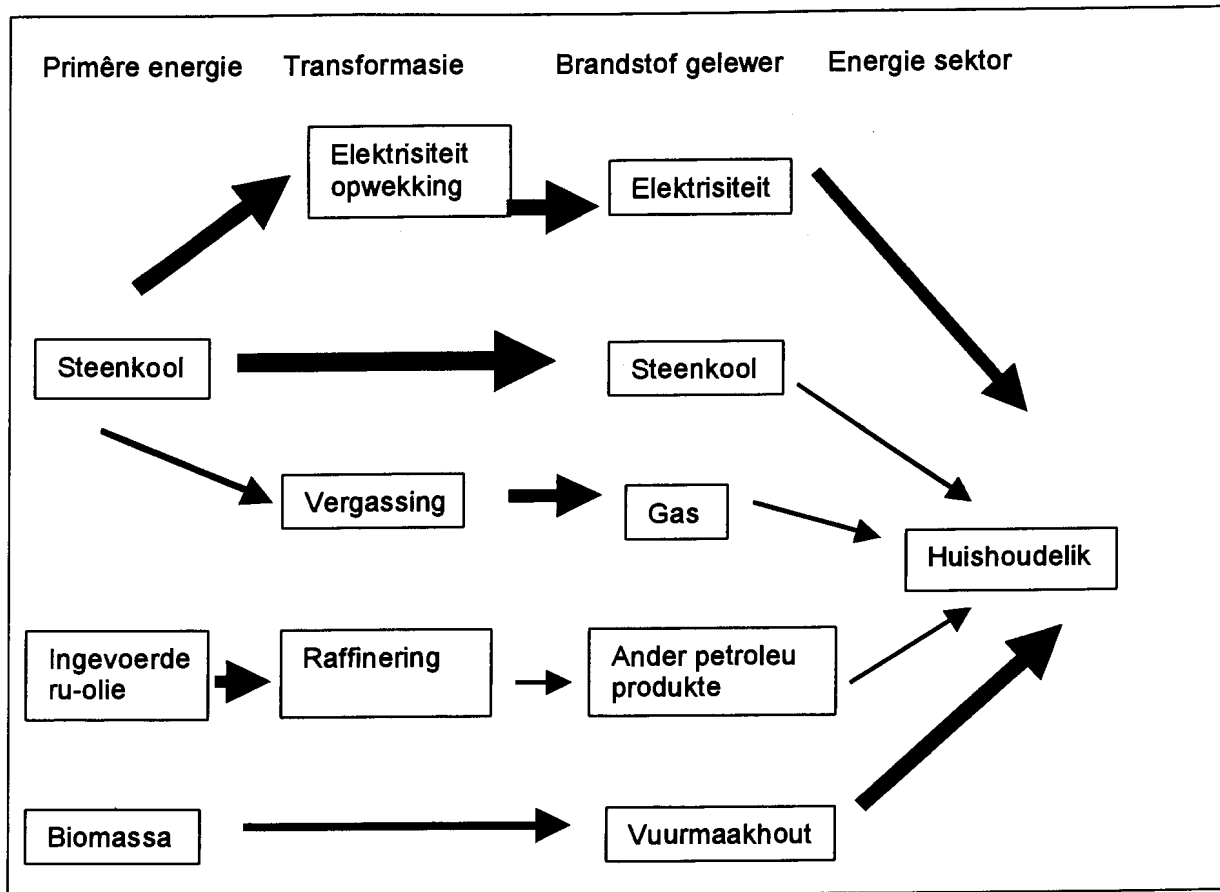


FIG. 2.2- Verskaffing van energie aan die huishoudelike sektor (Eberhard & Van Horen, 1995:20)

2.4 Fisiese koste van elektrisiteit

In 1999 het Eskom elektrisiteit teen gemiddeld 12,44 sent per kWh verkoop (Eskom 2000a), wat die standaardtarief vir elektrisiteit is, maar die prys wat eindverbruikers betaal, is afhanklik van die heffings wat munisipaliteite op die prys van elektrisiteit plaas. Daar word aangevoer dat die koste van elektrisiteit laag gehou moet word, omdat dit as inset gebruik word by die produksie van ander stowwe.

Die *omgewingsonkoste* (7,87 c/kWh) en die *gesondheidsonkoste* (5,60 c/kWh) word hoegenaamd nie by Suid-Afrikaanse elektrisiteitspryse ingereken nie, maar die verbruikers sowel as die nie-verbruikers moet indirek die koste daarvan dra (Holm & Lane 1998:4). Omgewingsonkoste sluit in koste weens omgewingsvernietiging, lugbesoedeling, waterbesoedeling, landgebruik, vaste afval, geraas, estetiese aspekte, ens. Verder word addisionele koste wat meegebring word deur steenkoolontginning, waterbesoedeling tydens die opwek van elektrisiteit, die vrystelling van metaan en verlaging van die pH van grond nie hierby ingesluit nie. Dit is 'n verdere motivering vir die effektiewe gebruik van elektrisiteit

2.5 Opsomming

Die twee wette van die termodinamika verduidelik waarom energie- en omgewingsprobleme in die wêreld beleef word. Daar is nie genoeg energie vir gebruik nie. Ten spyte daarvan maak Suid-Afrika hoofsaaklik van nie-hernieubare bronne van energie gebruik vir elektrisiteit-opwekking. Die huishoudelike sektor lewer 'n betekenisvolle bydrae tot die spitsaanvraag vir elektrisiteit, maar gebruik 'n baie klein persentasie van die totale hoeveelheid elektrisiteit beskikbaar. Die prys van elektrisiteit is baie laag, wat toegeskryf kan word aan die feit dat omgewingsonkoste en gesondheidsonkoste verbonde aan elektrisiteitsverskaffing nie by die prys ingereken word nie.

2.6 Gevolgtrekking

Elektrisiteit speel 'n baie belangrike rol ten opsigte van elke faset van die samelewing. Sonder elektrisiteit sal die omgewing se toestand versleg, maar daar sal ook 'n toename in sosiale of maatskaplike probleme wees. Die impakte wat die opwekking van elektrisiteit het, dek 'n wye verskeidenheid velde. So byvoorbeeld veroorsaak sogenaamde groen politiek dat industrieë hulle huidige vernietiging van die omgewing, sowel as die potensiële vernietiging van die omgewing, moet verminder. Indirek plaas dit dus ook druk op die ander verbruikers van elektrisiteit om verbruik te verminder of meer effektief te maak. Dit impliseer dat selfs in huise energie bespaar moet word veral in die lig van die groot aantal behuisingsprojekte wat tans in Suid-Afrika aangepak word. Hierdie huise behoort vanuit die staanspoor energie-effektief ontwerp te word.

HOOFSTUK 3 - DIE ONTWIKKELING VAN DIE KONSEP VAN 'N TERMIESE GEMAKSONE

3.1 Inleiding

Sedert dit moontlik geword het om klimaat kunsmatig te beheer, het optimum klimaat vir gemak 'n debatspunt geword. Verskillende mense voel by verskillende temperature gemaklik. In 1996 is die gemaksone deur Holm & Viljoen gedefinieer as die omgewingstoestand waarby die meeste mense nie warm of koud kry nie, of soos Holm (1996:5) dit beskryf is dit 'n reeks temperature waarby die mens se liggaam gemaklik by die omgewing kan aanpas en steeds die meeste energie vir produktiwiteit behou.

'n Persoon se liggaam is gedurig besig om hitte te produseer en dan weer af te gee deur een of ander metode, hetsy straling, konveksie of verdamping (Burberry 1992:83). Vir 'n persoon om gemaklik te wees, moet net die regte hoeveelheid hitte verloor word en daar moet 'n balans wees tussen die verskillende metodes van hitteverlies. Die tempo waarteen hitteverlies plaasvind, is afhanklik van omgewingsfaktore soos lugtemperatuur, humiditeit, windspoed en straling (Van Straaten 1967:26) binne die persoon se onmiddellike omgewing. Elkeen van die omgewingsfaktore kan net tot op 'n punt tot gebalanseerde hitteverlies bydra (dit wil sê tot waar die liggaam 'n neutrale temperatuur bereik); daarna dra dit tot ongemak by. 'n Persoon se liggaamstemperatuur kan verder beïnvloed word deur sy ras, geslag, gedrag (gewoontes en liggaamsaktiwiteite) en deur sy kleredrag, asook deur verwagtings en ondervindings in die verlede.

Dit verklaar waarom persone wat in verskillende wêrelddele woon by verskillende temperature gemaklik voel. Hierdie stelling kan nog verder vereenvoudig word, naamlik dat dit verklaar waarom persone in verskillende klimaatstreke by verskillende temperature gemaklik voel. Veranderinge in die bogenoemde faktore beïnvloed die wins of verlies aan liggaamshitte, wat termiese ongemak kan veroorsaak. Derhalwe is 'n indeks nodig wat die gekombineerde effek van die bogenoemde faktore kan bepaal (Van Straaten 1967:27). Die indeks het soos volg ontstaan:

3.2 Die verwantskap tussen klimaat en ontwerp in die klassieke tydperk tot en met die begin van die 19de eeu.

Termiese behaaglikheid is een van die oudste studiegebiede in die bouwetenskap. Histories is daar by die ontwerp van huise van persoonlike ondervinding met plaaslike omgewingstoestande gebruik gemaak. Die kombinasie van boumateriaal en -vorm was 'n saak van leer en probeer (Burberry 1992:11). So is daar dus proefondervindelik gebou sodat

gemak ervaar kan word. Daar is reeds in die jare voor Christus besef dat klimaat 'n invloed het op gebou-ontwerp (Auliciems & Szokolay 1997). Dit is veral temperatuur en humiditeit wat bydra tot die mens se ongemak. Vitruvius se werk is baie beïnvloed deur sy bewustheid van die klimaat en in die Middeleeue (500 - 1450) is hierdie praktiese aspek van sy werk gebruik (Markus & Morris 1980:6). In die 15de eeu het Alberti se werk baie aandag geskenk aan die kies van 'n gebied, die mikroklimaat, geskikte materiaal om 'n ruimte warm/koud te hou en beskerming teen son en wind (Markus & Morris 1980:6).

Vroeg in die 19de eeu is die belangrikheid van beheer oor humiditeit besef (Markus & Morris 1980:38). Té droë of té vogtige toestande was nie aan te beveel nie. Die effek van natboltemperatuur is ook in hierdie tydperk vir die eerste keer in ag geneem (Burberry 1992:84). Sir John Leslie het in 1804 'n eksperiment met 'n alkoholtermometer gedoen waarby hy die windsnelheid bepaal het deur die afkoeling van 'n verhitte termometer dop te hou (Markus & Morris 1980:37). In 1826 het Heberden die beperkte vermoë van 'n termometer om koue aan te dui, besef aan die hand van 'n eksperiment wat hy met 'n termometer gedoen het. Hy het 'n termometer tot bokant die buiteligtemperatuur verhit, die afkoelingstempo daarvan waargeneem (Markus & Morris 1980:37) en sodoende die verkoelingsvermoë van die omgewing bepaal.

Tredgold het reeds in 1824 die effek van lae temperatuur op mense naby 'n stralingsbron beskryf (Markus & Morris 1980:37). In 1857 het die kommissarisse wat deur die Britse Algemene Gesondheidsraad aangestel is om die verhitting en ventilering van geboue te ondersoek, aanbeveel dat die muurtemperatuur dieselde as die kamertemperatuur moet wees (Markus & Morris 1980:37) en dat die lugtemperatuur by die vloer moet hoër wees as by 'n persoon se kop (Burberry 1992:84). Die beginsel van die swartboltermometer vir die meet van die gesamentlike effek van lugbeweging en straling is in 1887 deur Aitken vasgestel.

3.3 Die behoefte aan die ontwikkeling van die termiese gemaksone

Die eerste ernstige studie oor termiese gemak is in 1905 deur Haldane in Engeland gedoen (Auliciems & Szokolay 1997). Dit was nodig om die binnetemperatuur waarvoor ontwerp moet word vas te stel, omdat tegnologie veroorsaak het dat geboue oorverhit of oorverkoel is. Oorverhitting in 'n oorbevolkte kamer is herken as 'n faktor wat tot ongemak bydra, maar dit was Lavoisier en Pettenkofer wat die oorsaak van oorverhitting in so 'n gebou besef het, naamlik die vrystelling van koolstofdioksied. Tot op daardie tydstip is die vier elemente - buiteklimaat, interne omgewing, die mens se reaksie en die materiaal van die gebou - vaagweg gesien as dele van 'n groter geheel, maar die idee dat hierdie vier elemente op 'n

komplekse manier interreageer, kon nie ingesien word voordat die huidige algemene sisteemteorie ontwikkel is nie.

In 1914 het Leonard Hill termiese gemak met die Kata-termometer probeer meet omdat dit 'n aanduiding van die omgewing se verkoelingseffek gee (Burberry 1992:83). Dit het nie gewerk nie, omdat dit sensitiewer as die mens se liggaam vir lugbeweging is. Houghten, Yaglou en hulle kollegas het in 1923 artikels die lig laat sien waarin hulle die gekombineerde effek van wind, humiditeit en lugtemperatuur beskryf en die eerste **Effektiewetemperatuurskaal (ET)** is afgelei (Markus & Morris 1980:38). Die basiese skaal het mense sonder klere in ag geneem en 'n normale skaal mense met klere (Burberry 1992:84). Bepaalde kombinasies van die veranderlikes gee gelyke ET-waardes, en dus gelyke temperatuursensasies. Dit is toe later in die laboratorium as 'gemaklik' gedefinieer. ET is gebruik by die ontwerp van lugverkoelde sowel as natuurlik geventileerde geboue (Givoni 1997). 'n Probleem met die ET-skaal is dat dit die effek van humiditeit by lae temperatuur oorskakel en by hoë temperatuur onderskat (Van Straten 1967:27). Die effek van termiese straling is ook in die ET-skaal foutiewelik weggelaat.

In 1932 het Vernon en Warner die swartboltemperatuur geneem en dit gekorrigeer vir natboltemperatuur om ET te bepaal. In 1946 het Bedford dieselfde voorstel geneem sonder die korreksie vir die natbaltemperatuur en noem dit die **Gekorrigeerde Effektiewe Temperatuur (CET)** (Markus & Morris 1980:39). Dit is die effektiewe temperatuur met inagneming van straling deur 'n "globe"-termometer gebruik te maak in plaas van 'n droëboltermometer (Burberry 1992:84). **Figuur 3.1** is 'n voorbeeld van hoe Gekorrigeerde Effektiewe Temperatuur bereken is vir persone wat lig geklee is en ligte werk doen. CET is in die jare tagtig nog wydverspreid gebruik as indeks van die gemaksone (Markus & Morris, 1980:39).

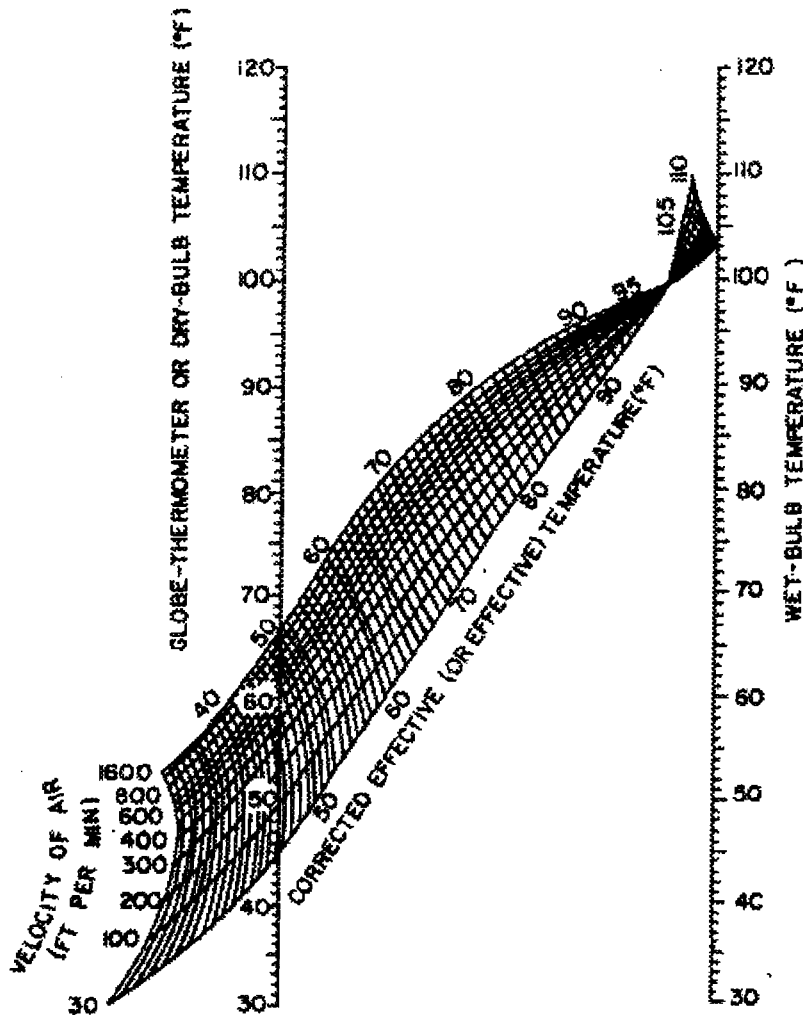


FIG. 3.1 - Grafiek om Gekorrigeerde Effektiewe Temperatuur te bereken vir persone met ligte klere en wat ligte werk verrig (Van Straaten, 1976: 28 uit Bedford, 1946)

Duffon het in 1929 na 'n indeks gesoek wat warmte in die algemeen in die omgewing kon aandui, onafhanklik van kleredrag en aktiwiteite, en daarvoor het hy die "eupatheoscope" ontwikkel. Dit het meer soos die menslike liggaam gereageer ten opsigte van afkoeling in verhouding met die lugtemperatuur, lugbeweging en gemiddelde stralingstemperatuur (Burberry 1992:84). Die hitteverlies was geneem dieselfde as die hitte inset en is op 'n termometerskaal gemeet as **ekwivalente temperatuur (t_{eq})** (Markus & Morris 1980:39). In 1936 het Duffon die oppervlaktemperatuur aangepas om meer ooreen te stem met 'n geklede persoon, en in alle lesings is verwys na stil lugtoestande (dit wil sê 0,1 m/s (Markus & Morris, 1980:39). **Tabel 3.1** toon die berekening van ekwivalente temperatuur (Burberry, 1992:85). In gebiede waar humiditeit weglaatbaar is, was dit 'n goeie konsep, maar dit is nie geskik vir

temperature bo 24 °C waar humiditeit 'n groter rol begin speel nie (Auliciems & Szokolay, 1997).

TABEL 3.1 - Bepaling van Ekwivalente Temperatur deur gebruik te maak van lugtemperatuur en gemiddelde stralingstemperatuur (Burberry, 1992:85).

Lugtemperatuur °C (LT)	Gemiddelde Stralingstemperatuur (°C) om die volgende te gee (GST):	
	Ekwivalente temperatuur 18,5 °C	Ekwivalente temperatuur 21 °C
10	32	37,5 } 1
12	28	34 } 1
15,5	25	31 } 2
18,5	21	27 } 2
21	18,5	24 } 2
24	14,5	20 } 3

Vir enige gegewe ekwivalente temperatuur word die toestande met GST hoër as LT gewoonlik verkies:

1. 12 °C is die minimum aanvaarbare lugtemperatuur
2. Mees aanvaarbare
3. Opsigtelik minder aanvaarbaar as MRT laer as lugtemperatuur is

Misserard ontwikkel die **Resultante Temperatuurindeks** wat effektiewe temperatuur is met inagneming van straling (Burberry 1992:84). Bedford het in 1936 die **Ekwivalente Warmte-indeks** ontwikkel wat gebaseer is op waarnemings wat gemaak is tydens veldstudies en met opvolgende analises (Burberry 1992:84). Webb het in 1961 die **Ekwatoriale Indeks** voorgestel wat soortgelyk is aan Bedford se indeks, maar gegrond is op data uit Singapoer (Burberry 1992:84).

3.4 Nuwe verwickelings in die bepaling van die gemaksone - die invloed van menslike aktiwiteite

Teen 1992 was daar twee tipes studies om die termiese binnenshuise gemak te bereken. Een metode was klimaatkamerstudies wat aangetoon het dat mense wat dieselfde aktiwiteite beoefen in dieselfde klere gemaklik is by dieselfde temperatuur ongeag hul ouderdom, geslag, kultuur, ras, seisoen, kleur van die kamer of die klimaat waaraan die kandidate gewoon was (Humphreys 1992). Die verblyf in die klimaatkamer is van beperkte duur en is kunsmatig. Die tweede metode was veldstudies wat met normale aktiwiteite in normale omgewings uitgevoer is. Die temperatuur waarby mense gemaklik is, kon bepaal word deur die gemiddelde temperatuur van die kamer te meet, wat verband hou met die buitetemperatuur van die spesifieke klimaatstreek en seisoen (Humphreys 1992). Die gedagte was dat die proefpersone se gedrag hul gemak/ongemak sou openbaar, eerder as dat vrae gestel word

wat bewustelik die aandag op gemak vestig. Die probleem in hierdie stadium was dat die twee studies nie ooreenstemmende resultate opgelewer het nie. Die veldstudies het 'n wyer reeks temperature as gemaklik uitgewys as die klimaatkamerstudies. Die verskil spruit daaruit voort dat klimaatkamerstudies slegs 'n beraming maak van wat die isolasiewaarde van die klere is, asook van die persone se aktiwiteite (dus die *met*). Die isolasiewaarde van die stoel word byvoorbeeld nie in ag geneem nie en die termiese parameters wat in die klimaatkamerstudies gebruik word, kan dalk nie verteenwoordigend wees van die mikroklimate wat deur die bewoners ervaar word nie.

Humphreys (Burberry 1992:85) het gedemonstreer dat die mens nie by vinnige temperatuurveranderinge kan aanpas nie, maar as toestande oor 'n lang tydperk konstant bly, kan 'n persoon sy klere verander om by omstandighede aan te pas. Tabel 3.2 toon die kombinasies van kleredrag en die dienooreenkomstige *clo*-waarde wat deur sittende persone gedra word, asook die temperature waarby hulle gemaklik sal voel.

TABEL 3.2- Kombinasie van kleredrag (Burberry, 1992:85)

<i>Clo</i> -waarde	Tipe klere	Temperatuur waarby sittende persone gemaklik voel (°C)
0	Sonder klere	28,5
0,5	Ligte langbroek en T-hemp	25
1,0	'n Pak klere of 'n langbroek en 'n oortrui	22
1,5	'n Dik pak klere, onderbaadjie en wolkouse	18
2,0	'n Dik pak klere, jas, wolkouse en hoed	14,5

Fanger het in die jare sewentig die **Gemaksvergelyking** ontwikkel. Hy het die temperatuur waarby gemak ervaar kan word, afgelei van die menslike hittevergelyking. Die voorwaarde wat die vergelyking vir termiese gemak by 'n sekere aktiwiteitsvlak gestel het, was dat die veltemperatuur en sweetafskeiding binne 'n sekere limiet moet wees (Olgay 1992). Hierdie statistiese formules is dan binne die algemene hittebalansvergelyking geplaas. So is die klimaatstoestand vir 'n gegewe metaboliese tempo en die termiese weerstandbiedendheid van klere (*clo*-waarde) analities afgelei (Olgay 1992; Steenkamp 1987).

Fanger lei die "**Predicted Mean Vote**" (PMV) van die Gemaksvergelyking op 'n sewe punt-gemakskaal af (Tabel 3.3). PMV meet die gemiddelde reaksie van 'n bevolking en dui die termiese onbehaaglikheid in 'n gegewe omgewing aan (Steenkamp 1987:3). Almal tussen -1 en +1 sal as gemaklik beskou word en al die ander stempysfers onder of bo dié beperking geld as ongemaklik (Markus & Morris 1980:55).

TABEL 3.3 - Fanger se termiese skaal (Markus & Morris, 1980:53)

Koud	-3
Koel	-2
Effens koel	-1
Neutraal	0
Effens warm	+1
Warm	+2
Baie warm	+3

Fanger vergelyk die gerekenariseerde PMV met klimaatkamersyfers en lei die **Predicted Percentage Dissatisfied (PPD)** persone daarvan af (Olgay 1992). Die PMV hou direk verband met die persentasie mense wat verwag word om ongemaklik te wees (**Figuur 3.2**). In 1988 het Tanabe (volgens Olgay 1992) ses windsnelhede by Fanger se PMV gevoeg en bepaal dat die PMV's wat deur Fanger as te warm beskryf is, wel aanvaarbaar was. Fanger se PMV het dus nie die verkoelingseffek van wind by middelmatig hoë temperatuur voldoende verreken nie. Wentzel (1981, uit Steenkamp 1987:3) beweer dat Fanger se indeks te beperkend is, want optimale gemak word beskou as wanneer mense termies neutraal voel.

Soortgelyk aan Fanger se PMV-model is Gagge se **DISC** wat termiese neutraliteit 'n nulwaarde gee; koud word negatiewe waardes gegee en warm positiewe waardes (Markus & Morris 1980:55). Die model is van toepassing op 'n wyer reeks toestande en word uitgedruk in grade van ongemak. In warm toestande word DISC uitgedruk as 'n funksie van velvogtigheid en in koue toestande as 'n funksie van veltemperatuur.

Rohles en Nevins het ook 'n model soortgelyk aan die PMV-model. Dit is 'n 10-punt skaal met twee ekstra punte, een vir warm en een vir koud (Markus & Morris 1980).

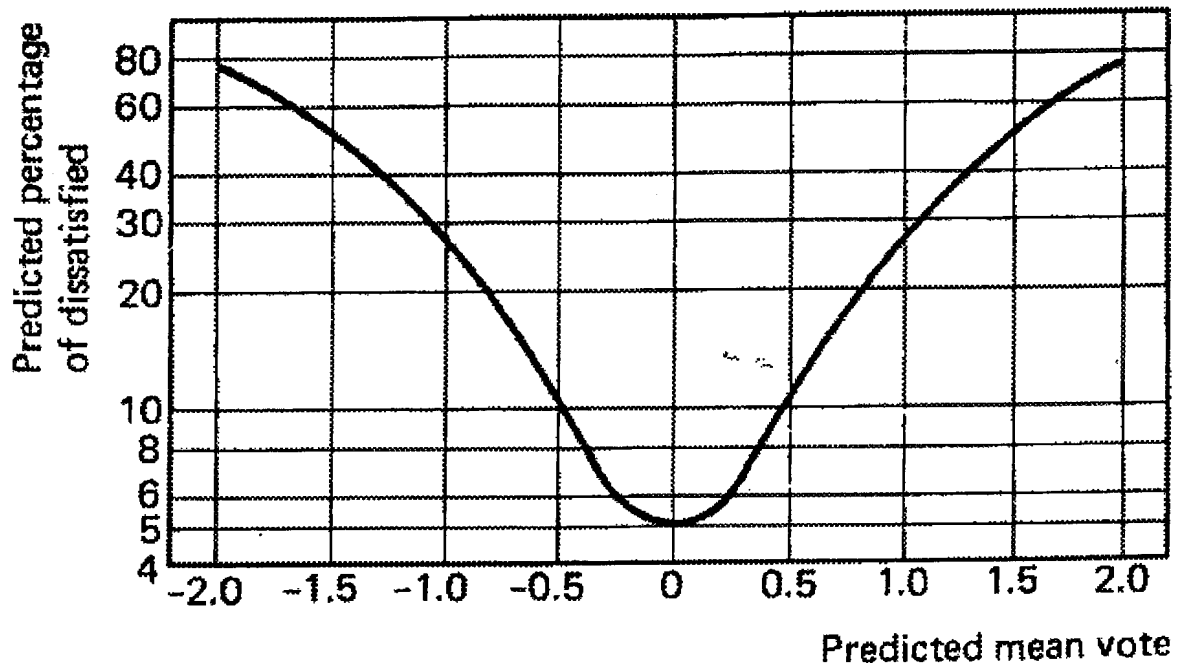


FIG.3.2 - Die voorspelde persentasie ontevrede(PPD) persone as 'n funksie van PMV (Markus & Morris, 1980:55). Dit blyk dat ten minste 5% van enige bevolking ongemaklik sal wees.

Toftum *et al* (1998:12) het 'n verlenging van die gewone hittebalans voorgestel. In hierdie model word die voorspelde persentasie ongemaklike persone as gevolg van velvogtigheid uitgedruk as 'n funksie van die relatiewe velvogtigheid. RH kan tot 100% wees sonder dat voorspel word dat 'n middelmatige persentasie van die persone ongemaklik sal voel, dit wil sê hierdie model kan nie gebruik word om die boonste grens vir binnenshuise lughumiditeit te voorspel nie. Die boonste grens kan eerder bepaal word deur die humiditeit van die ingeasemde lug. Die respiratoriese model voorspel die persentasie ongemaklike persone as gevolg van onvoldoende respiratoriese afkoeling as 'n funksie van die temperatuur en humiditeit van die ingeasemde lug (Toftum *et al* 1998:23).

3.5 Die ontstaan van ASHRAE- en ISO-standaarde

Winslow, Herrington en Gagge het begin om eksperimente te doen en inligting te versamel oor die ses veranderlikes (humiditeit, kleredrag, lugtemperatuur, straling, aktiwiteit en windsnelheid) (Markus & Morris 1980:39). Hierdie data het die basis geword vir die kriteria vir gemak van die "American Society of Heating, Refrigeration and Airconditioning Engineers" (ASHRAE). Een van die eerste indekse wat ontwikkel is, was die **operatiewe temperatuur** (t_o) wat soortgelyk is aan die ekwivalente temperatuur, maar wat verwys na 'n eenvormige omgewing wat gelyk is aan die werklike kombinasie van lugtemperatuur en straling en by dieselfde windspoed as die werklikheid (Markus & Morris 1980:39).

'n Ander metode wat ASHRAE gebruik, is om termiese gemak te bepaal deur mense direk uit te vra oor hoe hulle voel oor die omgewing deur gebruik van 'n sewe punt-skaal (sien Tabel 3.4). ASHRAE het in die jare tagtig 'n nuwe indeks ontwikkel, die **nuwe effektiewe temperatuur (ET*)**-skaal wat ook al ses die voorgenoemde hoofveranderlikes in ag neem (Markus & Morris 1980:40), maar verder berus op hitte-oordrag en fisiologiese beginsels. Dit wil sê dit is die droëboltemperatuur (DBT) van 'n eenvormige omhulsel by 50% RH, wat dieselfde netto uitruiling van hitte deur straling, konveksie en verdamping sal hê as die gegewe omgewing (Auliciems & Szokolay 1997).

TABEL 3.4 – ASHRAE-skaal (Markus & Morris, 1980:53)

Koud	1
Koel	2
Effens koel	3
Neutraal	4
Effens warm	5
Warm	6
Baie warm	7

Hierdie indeks is later uitgebrei na die **standaard effektiewe temperatuur (SET)**. Dit is die temperatuur van 'n eenvormige omhulsel by 50% RH, waar die gemiddelde liggaamstemperatuur van 'n sittende persoon (1,1 *met*) wat 0,6 *clo* dra in min lugbeweging (< 0,15 m/s) by seevlak dieselfde is as die werklike omgewing waarin die persoon homself bevind (Auliciems & Szokolay 1997). Tabel 3.5 toon die verwantskap tussen termiese sensasie, ongemak en SET.

TABEL 3.5 - Die mens se termiese reaksie op Standaard Effektiewe Temperatuur (SET)
(Gewysig vanuit Markus & Morris, 1980:56)

SET (°C)	Temperatuursensasie	Ongemak
40	Ontsettend warm Baie warm	Beperkte toleransie Baie ongemaklik Ongemaklik
35	Warm	Effens ongemaklik
30	Effens warm	
25	Neutraal Effens koel	Gemaklik
20	Koel	Effens ongemaklik
15	Koud	
10	Baie koud	Ongemaklik

Die Agrément-raad beveel 27,5 °C CET aan as die boonste limiet vir gemak en 6,5 °C DBT as die onderste limiet (Steenkamp 1987:4).

Volgens Oleson (1982, in Steenkamp 1987:5) is die **ISO 7730-standaard** vir gemak in 'n matige termiese omgewing $-0,5 > PMV < 0,5$ en $PPD < 10\%$. Die standaard bereken die PMV met behulp van die omgewingsveranderlikes, klere-isolering en metaboliese tempo (Nicol *et al* 1999). Die ISO 7730-standaard is dus gebaseer op die hittebalansmodel en kon tot op hede nog nie termiese gemak akkuraat voorspel nie (Brager & De Dear 1998:84). Een van die probleme wat met die ISO 7730-standaard ervaar word, is dat daarby aanvaar word dat die metaboliese tempo slegs met aktiwiteit verband hou en neem nie in ag dat *met* en aktiwiteit temperatuurafhanklik is nie (Nicol *et al* 1999). Standaarde moet eerder op die adaptiewe model gebaseer word (sal in 'n later paragraaf meer in besonderhede bespreek word), wat dan die temperatuur vir termiese gemak binne konteks van die gebou plaas en so die vorige termiese ondervinding en termiese verwagtinge van die bewoners in ag neem.

3.6 Die gebruik van psigrometriese kaarte vir die bepaling van die termiese gemaksone

Burberry (1992:83) beweer dat gemaksindekse nie menslike gemak kan definieer nie "since they mask in one unified value directional variations of radiation, temperature gradients in the air or other factors which could cause unsatisfactory conditions which must be designed separately." Dit wil sê 'n vaste temperatuur kan nie as riglyn vir termiese gemak gegee word nie. 'n Persoon pas sy omgewing en klere aan by die heersende omgewingstoestande en is (binne perke) gemaklik solank as wat die termiese toestande redelik konstant bly ongeag die fisiese waardes (Burberry 1992:83).

Szokolay (1986) gebruik psigrometriese kaarte vir die bepaling van gemaksones in 'n warm klimaat. Die temperatuur waarvoor beheer uitgeoefen word, is die verskil tussen die klimaattoestande en die begeerde binnenshuise toestande. Die psigrometriese kaart toon die droëboltemperatuur (°C) op die X-as aan en die Absolute Humiditeit (g/kg) of dampdruk (kPa) op die Y-as. Hierdie metode het ook 'n aanduiding van 'n groot verskeidenheid ander veranderlikes soos natboltemperatuur, RH, entalpie en digtheid gegee (Szokolay 1986:171).

ASHRAE het ook 'n gemaksone op die konvensionele psigrometriese kaart getrek. Dit spesifiseer die grense vir lugtemperatuur en humiditeit vir sittende mense binne geboue waar meganiese middele die binnenshuise klimaat moet beheer (Givoni 1992:11). Dit word hoofsaaklik vir kantoorgeboue met lugreëling gebruik, maar dit word ook toegepas om die binnenshuise klimaat in huise te bepaal. Volgens Givoni (1992:12) kan hierdie psigrometriese

grafiek nie so effektief gebruik word om toestande binne geboue sonder lugreëling te bepaal nie, omdat die grense van die gemaksone verskil. Die ASHRAE-humiditeit- en lugspoedbeperkings neem nie die akklimatisering en verwagtinge van gemak van mense in 'n warm vogtige klimaat in ag nie, soos in **Figuur 3.3** aangedui. Selfs die minimum temperature word as ongemaklik beskou en in werklikheid word dit deur die bewoners as gemaklik of selfs koel ervaar.

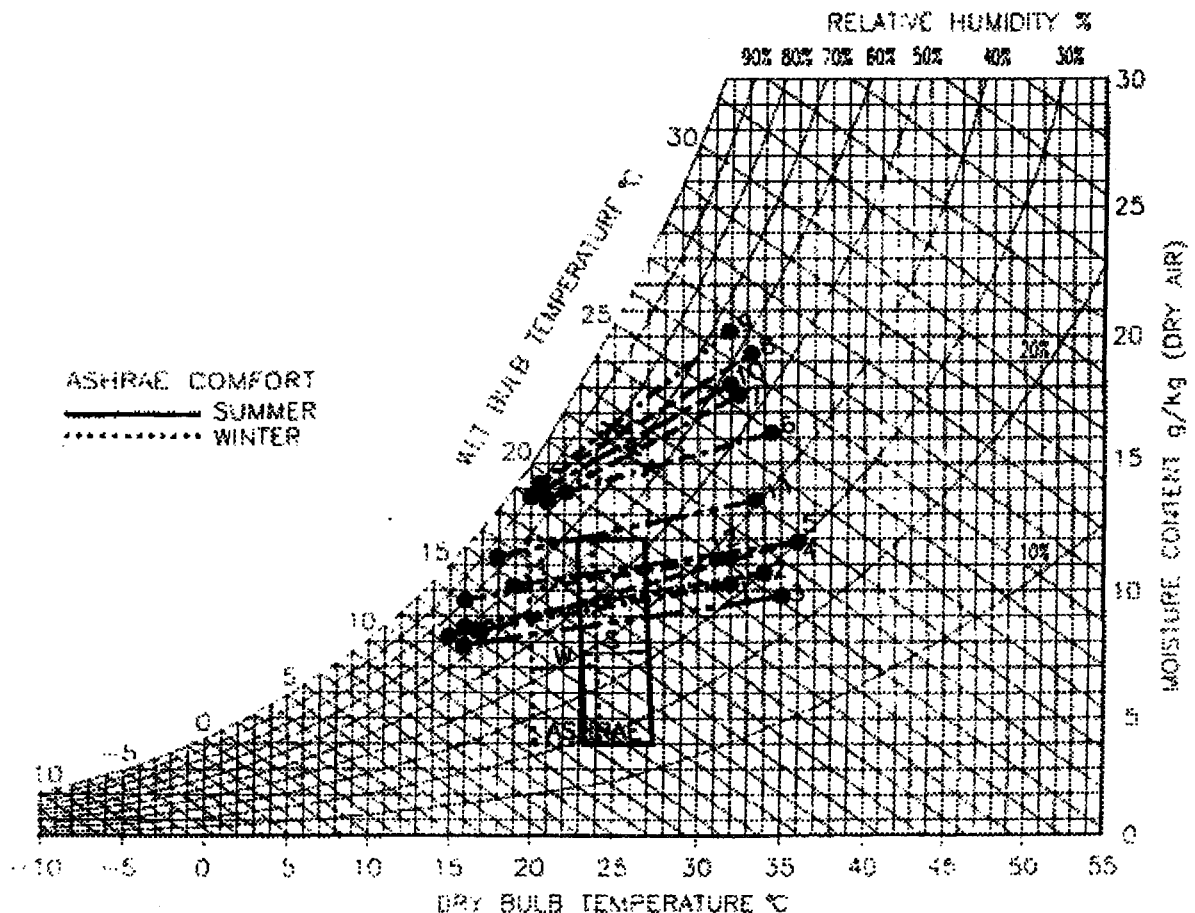


FIG. 3.3 - Die ASHRAE-gemaksone van 'n gebied met 'n warm vogtige klimaat (Givoni, 1992:12)

Olgay (Givoni 1992:13) het in hierdie stadium die gemaksones met behulp van sy 'bioklimaat benadering' bepaal. Die effek van alle ekstere klimaatelemente is op een kaart saamgevoeg en was soortgelyk aan Szokolay se psigrometriese kaart.

Givoni (1992:14) ontwikkel die "building bioclimatic chart" (BBCC) om die probleme wat met Olgay se kaart ondervind is, te probeer oplos. Die BBCC-kaart het op binnenshuise temperature berus in plaas van op die buitemuurse klimaat. Dit was spesifiek gerig op natuurlik geventileerde geboue en het voorsiening daarvoor gemaak dat mense in hierdie

geboue gewoon sou raak aan hoë temperatuur of humiditeit (Brager & De Dear 1998:84). Givoni se bioklimaat kaart maak voorsiening vir 'n gematigde sowel as 'n warm klimaat en dit kan gebruik word vir die bepaling van die gemaksone onder windstil toestande, in geventileerde geboue, geboue met konveksieverkoeling, direkte en indirekte verdampingsverkoeling en passiewe sonverhitting (Givoni 1992). **Figuur 3.4** is Givoni se bioklimaatkaart wat die grense van die gemaksone by windstilte toon.

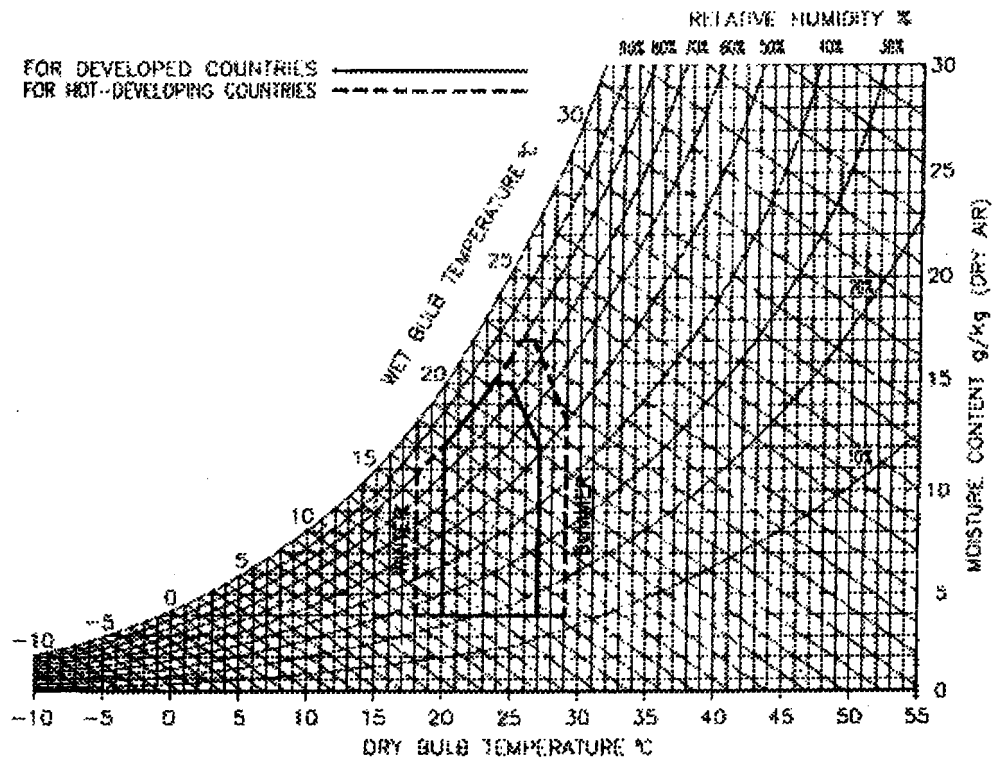


FIG. 3.4 - Grense van die gemaksone onder windstil toestande vir somer en winter, vir gematigde en baie warm klimaatstreke (Givoni, 1992: 15)

3.7 Die hede

3.7.1 Gebruik van klimaatindekse

Die huidige standaard vir termiese gemak is steeds op die hittebalansmodel van die menslike liggaam gebaseer en is afkomstig van veelvuldige klimaatkamerstudies (Brager & De Dear 1998:83). Hierdie standaard is oorspronklik ontwikkel vir die ontwerp van lugverkoelde geboue en dieselfde standaard word ook aanvaar vir natuurlik geventileerde geboue. In die praktyk bied hierdie standaard nie riglyne vir die ontwerp van natuurlik geventileerde geboue nie en dit gee nie die bewoners 'n manier om beheer uit te oefen oor hulle termiese omgewing nie (Brager & De Dear 1998:83).

Die “fuzzy” termiese sensasiemodel is onlangs ontwerp op grond van die “fuzzy” logiese teorie na aanleiding van Fanger se PMV-vergelyking (Hamdi *et al* 1999:177). Die model gebruik 35 woordelike beskrywings om die omgewingstoestand, die vlak van aktiwiteit en kleredrag-isolering te beskryf waarmee die PMV dan bereken word. Die model neem in ag dat dit nie altyd presies bekend is wat die bewoners se vlak van aktiwiteit en kleredragisolering is nie en die omgewingsveranderlikes word as onsekere waardes gesien.

3.7.2 Adaptiewe model

Die voorgenoemde was slegs statistiese modelle en dit het geblyk dat veldstudies se resultate van termofisiologiese voorspellings verskil. Volgens verbale kommunikasie is termiese neutraliteit (waar min stres ervaar word) – T_{n} -afhanklik van die gemiddelde DBT of droëboltemperatuur (T_i). DBT word dikwels gebruik as 'n indeks vir termiese gemak of neutraliteit. *DBT is die mees bruikbare meting van die spesifikasie vir gemak*, maar vir die meet van ongemak of stres moet ander maniere gevind word wat ook ander omgewingsfaktore (soos humiditeit, straling en lugbeweging) in ag neem.

Dit is belangrik om weer eens daarvan kennis te neem dat daar nie 'n konstante of statiese optimum vir gemak bestaan nie. Mense se temperatuurvoorkeure word beïnvloed deur beide buitemuurse en binnemuurse faktore. Auliciems & Szokolay het in 1997 besef dat fisiologiese neutraliteit (termiese ewewig waar $S = 0$) nie noodwendig termiese gemak beteken nie. 'n Paar ander faktore soos ondervindinge in die verlede, sosio-kulturele faktore, gewoontes en verwagtinge speel ook 'n rol. Fisiologiese neutraliteit kan wel 'n voorvereiste vir gemak (dit wil sê daar moet eers fisiologiese neutraliteit bestaan voordat gemak bereik kan word) wees (Auliciems & Szokolay 1997).

Auliciems (1981, verwys na in Auliciems & Szokolay 1997) het 'n **adaptiewe model** vir termoregulering geformuleer, waarby termiese voorkeur gesien word as die som van die fisiologiese reaksie op die onmiddellike binnenshuise parameters (soos die klimaatstreek, sosiale omstandighede, ekonomiese oorwegings en ander kontekstuele faktore, gemeet deur die indekse) en verwagtinge gebaseer op vorige ondervindinge. Die adaptiewe model neem in ag dat mense 'n belangrike rol speel by die skep van sy eie termiese voorkeure deur die manier hoe hulle in die omgewing omgaan, hulle eie gedrag verander (persoonlik, omgewing, tegnologie of kultureel), geleidelik hulle verwagtinge verander (deur sielkundige aanpassing) en fisiologiese veranderinge (genetiese aanpassing, akklimatisering) ondergaan om by die omgewing aan te pas (Brager & De Dear 1998:85). Die adaptiewe hipotese stel dat 'n persoon binnenshuise termiese gemak ervaar indien die termiese omgewingstoestand op die

presiese tyd en plek ooreenstem met wat verwag word wat die binnenshuise klimaat behoort te wees (Brager & De Dear 1998:85).

Die omgewingsbeheeralgoritmes wat op die adaptiewe model gebaseer is, sal 'n beter berekening van termiese gemak lewer, want dit hou meer verband met spesifieke toestande en die veranderende voorkeure van die bewoners. Hierdie algoritmes laat dus ruimte vir veranderings oor tyd en ruimte. Humphreys het so 'n vergelyking ontwerp wat 'n verskeidenheid data kan hanteer en gebruik kan word vir lugversorgde huise en vir natuurlik geventileerde huise (Indoor Thermal Comfort Conference 2000).

Die hittebalans- en adaptiewe benaderings tot die bepaling van termiese gemak komplementeer mekaar. Wanneer die hittebalansmodel gebruik word om termiese gemak in bestaande geboue te bepaal, moet in veldstudies die termiese toestande direk by die inwoner in terme van tyd en ruimte gemeet word en ook 'n versigtige opname gedoen word oor die aktiwiteite, kleding en die effek van die stoel of bank. Die adaptiewe model het 'n belangrike bydrae te lewer deurdat dit die terugvoer tussen ongemak en gedrag om aan te pas by die temperatuur in berekening kan bring (Brager & De Dear 1998:85).

Met die ontwikkeling van die inligtingstechnologie wat kan bydra tot die Siekgebousindroom (SBS), het dit nodig geword dat geboue korrek ontwerp moet word om produktiwiteit te maksimaliseer. Die ontwerp van geboue handel nie meer net oor die estetiese of die handhawing van termiese gemak nie. Meese *et al* (1982) het bewys dat veral koue bydra tot verlaagde produktiwiteit in die meeste take van fabriekswerkers, hetsy manlik of vroulik, blank of swart. Hierdeur het hy ook bewys dat daar verskille is in die termiese gemaksones vir verskillende geslagte en rasse. Vanweë die gebruik van elektroniese toerusting en allerlei vervaardigingsprosesse moet die werker se omgewingstoestande meer noukeurig beheer word as wat bloot vir die mens se gemak nodig is (Steenkamp 1987).

3.8 Opsomming

Daar is sterk druk om behaaglikheid te definieer. Die druk het sosiale en ekonomiese dimensies, maar ook omgewingsoorwegings. Die geskiedkundige verloop van die ondersoek na behaaglikheid het oorspronklik uitgegaan van die veronderstelling dat daar 'n enkele indeks vindbaar sal wees wat as algemeen geldige maatstaf wêreldwyd en vir almal sou geld. Aanvanklik is gehoop dat 'n enkele droëboltemperatuur aan hierdie eis sou voldoen. Die enkeltemperatuurkonsep moes op grond van bevindings tot 'n temperatuursone verruim word. Hierdie sone is as 'n statistiese begrip met vae grense geïnterpreteer en die dimensies van

straling, lugbeweging, kleredrag en metabolisme moes daarby geïntegreer word. Dit verteenwoordig die tans aanvaarde ISO-standaard.

Hierdie standaard is egter onhoudbaar in die lig van die jongste bevindings wat kwantifisering kan verleen aan akklimatisering en adaptasie. Verkennende werk oor geslags- en rasvoorkeure is reeds gedoen. Terwyl histories veel werk op die gebied van behaaglikheid gedoen is, lê die veld van omgewingstoestande vir produktiwiteit hoofsaaklik braak.

3.9 Gevolgtrekking

Wanneer huise vir termiese gemak ontwerp word, moet daar in ag geneem word dat daar nie slegs 'n enkele temperatuur sal wees waarby persone gemaklik sal voel nie. Daar is 'n aantal omgewings- en sosiale faktore wat gemak beïnvloed en wat veroorsaak dat 'n reeks temperature as aanvaarbaar beskou kan word. Dit is van belang dat die gemaksone volgens klimaatstreek en seisoen verander, maar hierdie insig word tans nie algemeen in die boubedryf toegepas nie. Hierdie wetenskaplike insig behoort die basis vir binneklimateontwerpnorme van geboue te vorm.

HOOFSTUK 4 - SUID-AFRIKAANSE ARGITEKTE SE ONTWERPNORME

4.1 Inleiding

Ontwerpnorme verwys na die gebruik van **beplanning, die geboudop, sonbeheer, ventilasie en bestuur of sisteme** om huise energie-effektief te ontwerp. Argitekte behoort in verskillende klimaatstreke en in verskillende seisoene van verskillende ontwerpnorme gebruik te maak om toestande binne die huis so gemaklik moontlik te maak. 'n Vraelys is uitgestuur om vas te stel of die Suid-Afrikaanse argitekte klimaatstreke in aanmerking neem by die ontwerp van huise, dit wil sê terrein (subprobleem 1) en of hulle seisoene by die ontwerp van huise in aanmerking neem (subprobleem 2). Daaruit word afgelei dat Suid-Afrikaanse argitekte ontwerp in die reël nie huise volgens klimaatstreke nie (**Hipotese 1**), en Suid-Afrikaanse argitekte neem in die reël nie seisoene in ag wanneer huise ontwerp word nie (**Hipotese 2**).

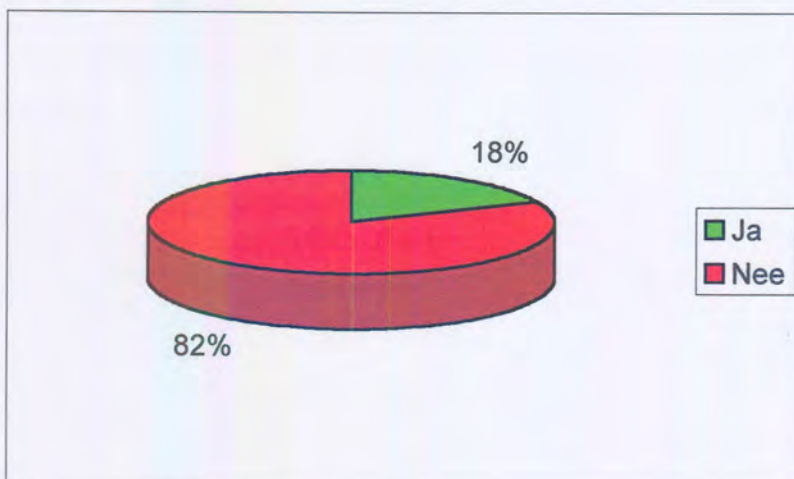
4.2 Vraelyste terug ontvang

Die beantwoorde vraelyste is in 'n argief beskikbaar. Daar is 200 argitekte geskakel, maar daar kon slegs aan 137 vraelyste gestuur word, omdat die maatskappye nie meer bestaan het nie, hul telefoonnummers foutief was of die argitekte hulle nie meer op privaat behuising toegespits het nie. 'n Totaal van 66 (48,18%) vraelyste is terug ontvang, waarvan twee nie bruikbaar was nie, omdat dit eers by die ontvangs van die antwoorde geblyk het dat die argitekte hulle nie meer op die ontwerp van privaat huise toegespits het nie. Die ontwerpnorme is so geïnterpreteer dat die respondent die voordeel van die twyfel geniet.

4.3. Resultate en bespreking

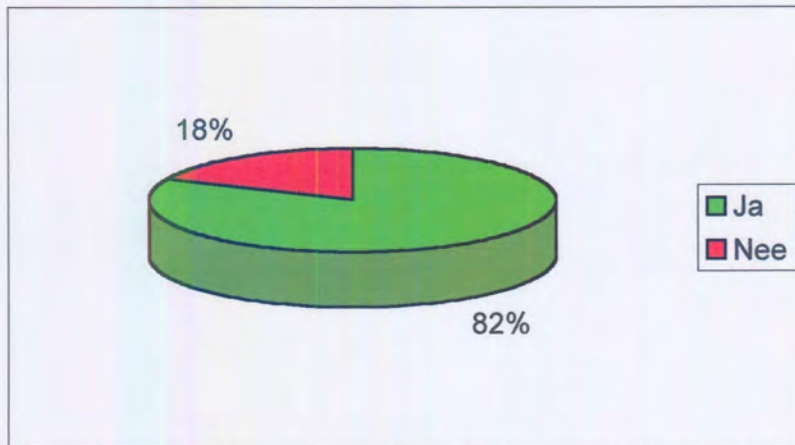
Die antwoorde op die vrae kan soos volg opgesom word:

4.3.1. Vraag 1



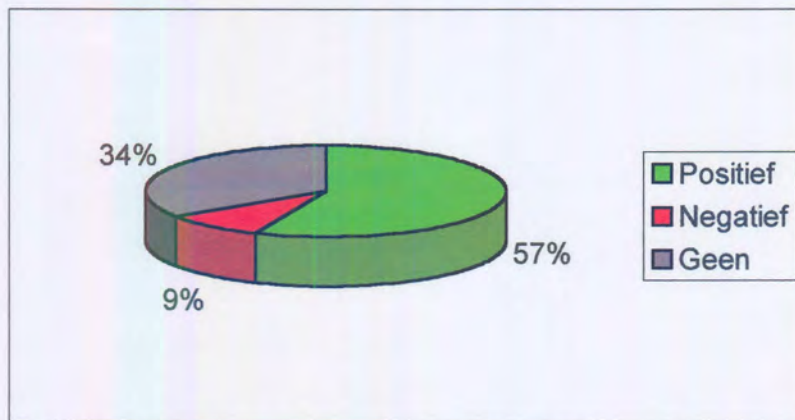
FIGUUR 4.1 – Die persentasie huiseienaars wat volgens respondente energiebewus is

4.3.2. Vraag 2



FIGUUR 4.2 – Die persentasie argitekte wat by huisontwerp energiebewus is

4.3.3. Vraag 3



FIGUUR 4.3 – Bewoners se ervaring van binnenshuise termiese gemak volgens respondente

4.3.4. Vraag 4

Die ontwerpnorme wat die argitekte in elke klimaatstreek toepas, is in die volgende tabel uiteengesit en dan vergelyk met Holm (1996) se aanbevelings vir ontwerpnorme vir termiese gemak in die verskillende klimaatstreke (sien **Bylae 3** vir Holm, 1996 se aanbevelings)

TABEL 4.1 - Ontwerpnorme wat in Suid-Afrika gebruik word, ingedeel volgens klimaatstreke

1. Mediterreens

VRAELYS NR.	NORM	TERUGVOER VAN EIENAARS
6.	Geen	+
12.	Soninvalshoek	+
	Dakoorhang, vensterhortjies	
	Sonverhitting	
	Sonklippe	
	Termiese sirkulasie	

	Son oriëntasie	
21.	Geen	-
43.	Oriëntasie	+
	Dakisolاسie	
	Ondervloerse isolاسie	
23.	Behou temperatuur by 20-26 °C deur soninval	Geen
67.	Geen	+
59.	Geen	+

Oriëntasie word genoem, maar daar word nie gespesifiseer of dit noord moet wees en oriëntasie ten opsigte waarvan nie. Enkele argitekte verwys na die gebruik van vensterhortjies, dakisolاسie en die soninvalshoek. Deur net van die soninvalshoek gebruik te maak, kan die temperatuur nie binne die gemaksone gehou word nie. Daar is geen verwysing na die grootte van vensters, die termiese massa van die boumateriaal, beskerming teen reën, die gebruik van natuurlike ventilاسie of aktiewe verhitting nie. Daar word baie vae ontwerpnorme gegee, indien enige; nogtans is die terugvoer van die huiseienaars positief volgens die verslag van die argitekte.

2. Tuinroete

VRAELYS NR.	NORM	TERUGVOER VAN EIENAARS
61.	Noord oriëntasie	+
	Afdak	
	Dakoorhang	
	Beperk oos en wes aansig	
49.	Oriëntasie van gebou	+
	Dakoorhang	
	Kruisventilاسie	
	Sonwerende glas	

Slegs enkele verwysings na die gebruik van noord-oriëntasie, dakoorhang en kruisventilاسie. Voorgenoemde norme is voldoende om aan die vereistes van die oorverhitte periode te voldoen, maar nie vir die onderverhitte periode nie. Daar word glad nie verwys na die gebruik van termiese massa, dakisolاسie, grootte van die vensters, die beperking van die verlies van hitte of aktiewe verhitting nie.

3. Halfwoestyn

VRAELYS NR.	NORM	TERUGVOER VAN EIENAARS
25.	Inligting verskaf deur lugverkoelingspesialiste	Geen
13.	Dakoorhang	+
	Basiese oriëntasie	
	Soninvalshoek	
	Dakisolاسie	
	Beperk grootte van openinge	

Daar word verwys na die gebruik van die soninvalshoek, grootte van die vensters en na oriëntasie. Weer eens word daar nie gespesifiseer wat moet waarheen geörienteer word nie. Dakisolاسie alleen is nie genoeg om die hitte-opname te beperk nie. Daar is geen verwysing na hoë termiese massa om temperatuurskommelinge tussen dag en nag te beheer nie, wat baie belangrik is in hierdie streek, en dit lyk asof ventilاسie glad nie in ag geneem is nie.

4. Woestyn

Daar is geen inligting van argitekte uit hierdie streek ontvang nie.

5. Noordelike Steppe

VRAELYS NR.	NORM	TERUGVOER VAN EIENAARS
24.	Noord-oriëntasie	Geen
	Dakisolاسie	
47.	Soninvalshoek	+
	Dakoorhang	
51.	Korrekte oriëntasie	
	Dakisolاسie	
	Sonwerende glas	
18.	18-28 °C	+

Die argitekte maak gebruik van noord-oriëntasie en die soninvalshoek. Een argitek het verwys na die gemaksone, maar nie gespesifiseer hoe die temperatuur binne die gemaksone bereik gaan word nie. Daar word nie norme toegepas om die onderverhitte periodes te verlig nie en ook nie om temperatuurskommelinge tussen dag en nag te beperk nie. Natuurlike of meganiese ventilاسie word nie gebruik vir afkoeling in die oorverhitte periode nie.

6. Suidelike Steppe

VRAELYS NR.	NORM	TERUGVOER VAN EIENAARS
4.	21-24 °C in winter	+
	18-20 °C in somer	
64.	Soninvalshoek	+
	Dakisolاسie	
57.	Soninvalshoek	+
	Oriëntasie	
	Isolasie	
56.	Ruimte tussen mure	+
	Atriums	
	Dakvensters	
	Venstergrootte en -plasing	
	Dakisolاسie	
20.	Natuurlike ventilاسie	Geen
	Somer- en winter-geriefsone	

Een argitek gee die somer- en wintergemaksones, maar spesifiseer nie hoe die gewenste temperatuur binne die gemaksones bereik gaan word nie. Die meeste argitekke verwys na eksterne isolasie wat die beste metode is om hitte-opname te beperk. Dakvensters en atriums word gebruik vir hitte-opname in die winter, maar moet teen die somerson afgeskerm word. Daar is geen verwysing na termiese massa wat dag- en nagtemperatuurskommelinge kan beperk nie.

7. Suidoostelike kus

VRAELYS NR.	NORM	TERUGVOER VAN EIENAARS
48.	Aaneenlopende deursigtige dakvensters met openinge in dak vir lig en hittedeurlating	+
44.	Sonoriëntasie	+
42.	Soninvalshoek	Geen
	Dakisolasie	
36.	Oriëntasie	
	Dakoorhang	
	Afdak	
	Ventilasie	
11.	Korrekte oriëntasie	+
	Venstergrootte	
	Termiese massa van vloer en mure	

Termiese massa word gebruik vir verligting tydens oorverhitte en onderverhitte periodes, en vensters word gebruik vir hitte-opname in die winter. Daar is enkele verwysings na venstergrootte, soninvalshoek, ventilasie en dakoorhange vir beskerming teen reën. Geen bestuursmetodes word aanbeveel nie.

8. Subtrophe

VRAELYS NR.	NORM	TERUGVOER VAN EIENAARS
50.	21-23 °C	?
46.	Geen	Geen
37.	Noord-oriëntasie	+
	Beperk vensters aan ooste- en westekant	
	Dakoorhang	
	Afdak	
	Kruisventilasie	
35.	Dakisolasie	Geen
	Vensterhortjies, dakoorhang, kappe	
	Lugreëling	
	Afdak	
	Dakwaaiers vir kruisventilasie	
33.	Termiese massa	Geen
	Korrekte oriëntasie	

	Geskikte vensters	
	Dakoorhang	
32.	Kruisventilasie	+
	Plafon teen dak	
	Dakopening	
31.	Kruisventilasie	+
	Dakoorhang	
	Afdak	
19.	Oriëntasie	+
	Isolasie	
	Dakoorhang	
	Termiese massa van boumateriaal	
14.	Geen	Geen
9.	Noord-oriëntasie	+
	Venstergrootte en -plasing	
	Termiese massa van dak en mure	
	Passiewe energiesisteem	
10.	Ruimte tussen mure	+
	Dakisolasië	
	Vensters noord - noordoos	
	Vloerisolasië	
	Dubbele glasiering	

Daar word na die gemaksone verwys, maar geen norme word aanbeveel om die temperatuur binne die gemaksone te bereik nie. Noord-oriëntasie word toegepas en die vensterplasing is redelik goed. Daar is geen verwysing na die gebruik van die soninvalshoek nie, maar wel na dakoorhange. Termiese massa wat deur argitekte genoem word, is 'n ontoepaslike norm vir gebruik in hierdie streek. Ventilasië en afdakke word gebruik.

9. Natalse Hoogland/ Drakensberg

VRAELYS NR.	NORM	TERUGVOER VAN EIENAARS
1.	Dakisolasië	Geen
	Termiese massa van dak	
	Lugruimte in dak	
	Meganiese ventilasië van plafon	
26.	Korrekte oriëntasie van gebou	+
	Grootte van openinge	
	Dakoorhange, vensterhortjies	
	Dakisolasië	
	Dak se grootte as 'n funksie van ruimte	
	Termiese massa van mure	

Die argitekte maak goed gebruik van dakisolasië. Daar is geen verwysing na die gebruik van die soninvalshoek nie, maar termiese massa word wel in ag geneem. Daar is ook geen

verwysing na die beperking van soninfiltrasie nie, behalwe meganiese ventilasie van die plafon. Onder hierdie klimaatstoestande is dit redelik goeie ontwerpnorme.

10. Laeveld

VRAELYS NR.	NORM	TERUGVOER VAN EIENAARS
41.	Geen	Geen
53.	Oriëntasie	+
	U-waardes	
	Termiese massa	
	Ligging	
	Sonkrag	
	Klimaatsfaktore	
28.	Oriëntasie	+
	Dakoorhange	
	Venstergroottes	

Die norme wat argitekte in hierdie streek gebruik, is nie regtig van toepassing op hierdie klimaat nie, behalwe dakoorhang om die soninvalshoek te beheer. Die norme wat gegee word, is baie vaag.

11. Hoëveld

VRAELYS NR.	NORM	TERUGVOER VAN EIENAARS
65.	Winter 25-28 °C	+
	Somer 20-23 °C	
54.	Noord-oriëntasie	Geen
52.	Oriëntasie	+
	Kleiner vensters	
	Termiese massa	
	Dakisolasie	
	Lugdig	
?	Noord-oriëntasie	?
	Afdak	
	Stoep	
	Natuurlike ventilasie	
	Ondervloerse verhitting	
	Lugverkoeling	
45.	Oriëntasie	Geen
	Dakoorhange	
	Natuurlike ventilasie	
40.	Termiese massa	Geen
	Klein vensters	
	Korrekte sonoriëntasie	
	Afdak	
	Vuurherd	
38.	Noord-oriëntasie	Geen
	Min vensters aan westekant	
16.	Soninvalshoek	+
	Termiese massa	
15.	Geen	+/-

8.	Oriëntasie	+
	Termiese massa	
	Isolasie	
	Skaduwee	
7.	Geen	Geen
5.	Geen	Geen
2.	Dakisolasië	Geen
	Korrekte oriëntasie van gebou	
	Dubbele glasiering	
	Klein vensteropening	

Daar word na die gebruik van die somer- en wintergemaksones verwys, maar weer eens nie na ontwerpnorme om die temperatuur binne die gemaksones te bereik nie. Termiese massa word goed gebruik, asook dakisolasië. Afdakke en dakoorhange word gebruik om die son-invalshoek te beheer; slegs enkeles maak van natuurlike ventilasie gebruik.

12. Noord-Transvaal

VRAELYS NR	NORM	TERUGVOER VAN EIENAARS
58.	Natuurlike beheer	Geen
30.	Geen	Geen
3.	Oriëntasie	+
	Termiese massa	
17.	Noord-oriëntasie	Geen
	Grootte van vensters	
	Dakisolasië	
	Dakoorhang	
55.	Noord-oriëntasie	Geen
	Soninvalshoek	
39.	Soninvalshoek	+/-
	Termiese massa	
	Oriëntasie	
	Isolasie	
	Ventilasievolume	
34.	Behaaglikheid 20-24 °C	+
29.	Gelei deur meganiese ingenieur	+
27.	21-25 °C	-
22.	SABS 0400	+

Daar word na die gebruik van die somer- en wintergemaksones verwys, maar weer eens nie na ontwerpnorme om die temperatuur binne die gemaksones te bereik nie. Een argitek gebruik SABS 0400-standaarde, maar dit is slegs bouregulasies en daar is geen werklike verwysing na klimaat of ontwerp vir die verskil tussen dag- en nagtemperatuur. Termiese massa en die soninvalshoek word gebruik, en daar is 'n vae verwysing na ventilasie. Een argitek verwys vaagweg na venstergroottes. Daar is geen verwysing na beskerming van die suide- en westekant nie, asook geen verwysing na beskerming teen reën nie.

Die meeste terugvoer is gekry van argiteke wat ontwerp in die streke Subtrope, Hoëveld en Noord-Transvaal. Die terugvoer wat ontvang is, is nie van 'n baie hoë gehalte nie. Die belangrikste ontwerpnorme wat deur Suid-Afrikaanse argitekte gebruik word, sluit onder andere in:

- Bou van die huis met 'n noordelike oriëntasie
- Grootte van die vensters word beperk aan die westekant en vergroot aan die noordekant
- Dakisolering
- Dakoorhang aan die noordekant
- Kruisventilering
- Afdak aan die noordekant

Wanneer die ontwerpnorme wat in die Hoëveld gebruik word vergelyk word met wat in die literatuur aanbeveel word, het hierdie streek die beste gevaar. Die ander streke het baie min ontwerpnorme gehad wat met die in die literatuur ooreenstem en vaar min of meer ewe sleg. Hoewel die Hoëveld die beste gevaar het, is die bewoners in die streek nie meer tevrede as in ander streke nie. Die bewoners van die Tuinroete en die Suidelike Steppe was meer tevrede met die ontwerpnorme wat gebruik is.

Slegs vyf van die 65 (7,7%) argitekte het spesifieke ontwerpnorme vir die spesifieke klimaatstreek en 8 (12,3%) het spesifieke ontwerpnorme vir die somer- en wintertoestande. Nege van die 65 (13,8%) argitekte wend geen poging aan om energie-effektief te ontwerp nie en fokus meer op die estetiese aspek van ontwerp. Die meeste ontwerpnorme is daarop gerig om sonenergie so ver as moontlik te benut.

Die resultate toon dat die grootste persentasie (81,5%) huiseienaars nie energiebewus is nie. Vraag 2 toon dat die grootste persentasie (56,2%) huiseienaars die Suid-Afrikaanse binneklimate in hul huise as toereikend ervaar ten opsigte van streeksvereistes in winter- en somertoestande. Die probleem wat met hierdie vraag ondervind word, is dat die argitek die huiseienaar se terugvoer as positief ervaar (dit is dalk nie 'n voldonge feit nie), maar dit is nie noodwendig die eienaar se persoonlike ervaring van die huis in werklikheid nie. Daar is 'n baie groot persentasie (34,4%) wat geen terugvoer gee oor die binneklimate vir huise nie en (soos bespreek in die interpretering van die vraag) kan daar tot die gevolgtrekking gekom word dat daar nog 'n te groot persentasie huiseienaars is wat die binneklimate as ontoereikend beskou. Omdat so 'n groot persentasie (81,5%) van die argitekte hulleself energiebewus noem, is dit 'n moontlike verklaring hoekom so 'n groot persentasie huiseienaars die binneklimate wel as toereikend beskou. Ongeag of huiseienaars

energiebewus is of nie, word huise so energie-effektief moontlik ontwerp binne die grense van die eienaar se begroting.

(Let wel: dit is toevallig dat die persentasie huiseienaars en argitekte wat energiebewus is, omgekeerd is)

4.4. Opsomming

Dit gebeur dikwels dat die ontwerpnorme wat deur argitekte in dieselfde klimaatstreek gebruik word, drasties van mekaar verskil. Daar word glad nie na ontwerpnorme verwys wat te make het met beplanning nie; dit word beskou as die verantwoordelikheid van die stad- en streekbeplanner. Net so is daar min of geen verwysing na bestuursmetodes wat die bewoners kan toepas nie; dit word aan die bewoners se eie oordeel oorgelaat. Die ontwerpnorme vir beskerming teen wind en reën is minimaal. Daar word na die grootte van vensters verwys, maar die spesifieke grootte ten opsigte van die vloeroppervlakte word nooit gegee nie. Daar word ook baie min na die kleur van die dak of mure verwys.

Daar word veral gefokus op ontwerpnorme vir verligting van die oorverhitte periode. Daar word baie min aandag aan norme vir die onderverhitte periode gegee, maar die wintertemperatuur is in die meeste van die streke nie ver onderkant die gemaksone nie. Die argitekte gebruik enige moontlike norm, al is dit nie noodwendig effektief vir die verligting van die oorverhitte of onderverhitte periode van die spesifieke streek nie. Een norm oorvleuel die ander, en in die meeste gevalle word norme nie met 'n spesifieke doelwit voor oë, soos winter- en somergemaksones, gekies nie. Die norme wat genoem word, is baie vaag.

4.5. Gevolgtrekking

4.5.1. Hipotese 1

Hipotese 1 stel dat Suid-Afrikaanse argitekte in die reël nie volgens klimaatsreke ontwerp nie. Hoewel daar 'n baie klein persentasie korrekte binneklimaatnorme toegepas word om aan streeksvereistes te voldoen, is huiseienaars volgens die respondente in die algemeen tevrede met die binnenshuise termiese gemak. Dit kan wees dat die bewoners by die klimaatsomstandighede aangepas het (akklimatisering), of fisiese veranderinge maak (trek byvoorbeeld 'n trui aan as dit te koud is), of die bewoners pas (on)bewustelik self die bestuurmetodes toe wat deur die literatuur aanbeveel word, en daarom word die ontwerpnorme as toereikend beskou.

Die ander moontlikhede is dat die ontwerpnorme wat in die literatuur aangedui word, foutief is, wat te betwyfel is, of dat die terugvoer wat deur die argitekte verkry word, kort na die voltooiing van die huis is en dat die eienaars dan nog nie 'n ware indruk van die toestande binne die huis gekry het nie. Die algemene afwesigheid van ontwerpnorme vir binneklimaat

in die verskillende streke, asook die afwesigheid van wetenskaplik objektiewe terugvoertoetse, skep die indruk dat dit as 'n ondergeskikte aangeleentheid beskou word. Persoonlike onderhoude kon dalk meer lig gewerp het op hierdie saak. Dus word die hipotese aanvaar dat argitekte in die reël nie klimaatstreke in ag neem tydens die ontwerp van huise nie.

4.5.2. Hipotese 2

Hipotese 2 stel dat Suid-Afrikaanse argitekte in die reël nie seisoene in aanmerking neem wanneer huise ontwerp word nie. Daar is 'n groter persentasie binneklimateenorme wat aan winter- en somertoestande voldoen, maar dit is nog nie genoeg nie, en in hierdie opsig ervaar huiseienaars die norme as toereikend. Dieselfde redes kan aangevoer word as vir ontwerpnorme in die verskillende klimaatstreke. Deur die ontwerpnorme van argitekte te vergelyk met aanwysings in die literatuur, lyk dit asof die ontwerpnorme ontoereikend is, maar dit kan wees dat bewoners by die klimaatsomstandighede aangepas het (akklimatisering), of fisiese veranderinge maak (hulle trek byvoorbeeld 'n trui aan as dit te koud is), of die bewoners pas self die bestuurmetodes toe wat in die literatuur aanbeveel word en daarom word die norme as toereikend beskou.

Daar is byna geen verwysing na norme om te korrigeer vir dag- en nagtemperatuurskommelinge in klimaatstreke waar dit werklik nodig is nie, behalwe termiese massa. Weer eens kan gesê word dat die algemene afwesigheid van ontwerpnorme vir binneklimateenorme vir die verskillende seisoene, asook die afwesigheid van wetenskaplik objektiewe terugvoertoetse, die indruk skep dat dit as 'n ondergeskikte aangeleentheid beskou word. Dus word die hipotese aanvaar dat argitekte in die reël nie seisoene in aanmerking neem tydens die ontwerp van huise nie.

Hoofstuk 5 – DIE OPSTEL VAN ONTWERPNORME VIR DIE KLIMAATSTREKE IN SUID-AFRIKA

5.1 Inleiding

As die maksimum toelaatbare amplitudeverhouding en die gewenste dT vir somer- en wintertoestande vir elke klimaatstreek bekend is, kan daarvan afgelei word watter ontwerpnorme nodig is om die binnenshuise temperatuur binne die gemaksone te behou. Die maksimum toelaatbare amplitudeverhouding en die gewenste dT vir die verskillende klimaatstreke kan deur middel van kontoere op 'n landkaart aangedui word. Gemiddelde buitetemperatuur word gebruik vir die berekening van die gewenste dT en die maksimum toelaatbare amplitudeverhouding dus sal gemiddelde ontwerpnorme gegee word.

Volgens Hodgson & Lotz (1965) is daar vyf hoof faktore wat die binneklimaat en termiese reaksie van 'n huis bepaal, naamlik;

- a) die hittekapasiteit en termiese weerstandbiedendheid of isolering van die gebou
- b) die mate waartoe die eksterne oppervlak straling absorbeer
- c) die mate waartoe geboue aan direkte sonpenetrasie blootgestel is
- d) die tempo van natuurlike ventilasie en
- e) die interne hitte-opname van elektriese apparaat en die bewoners.

5.2 dT as bepalende faktor in ontwerpnorme

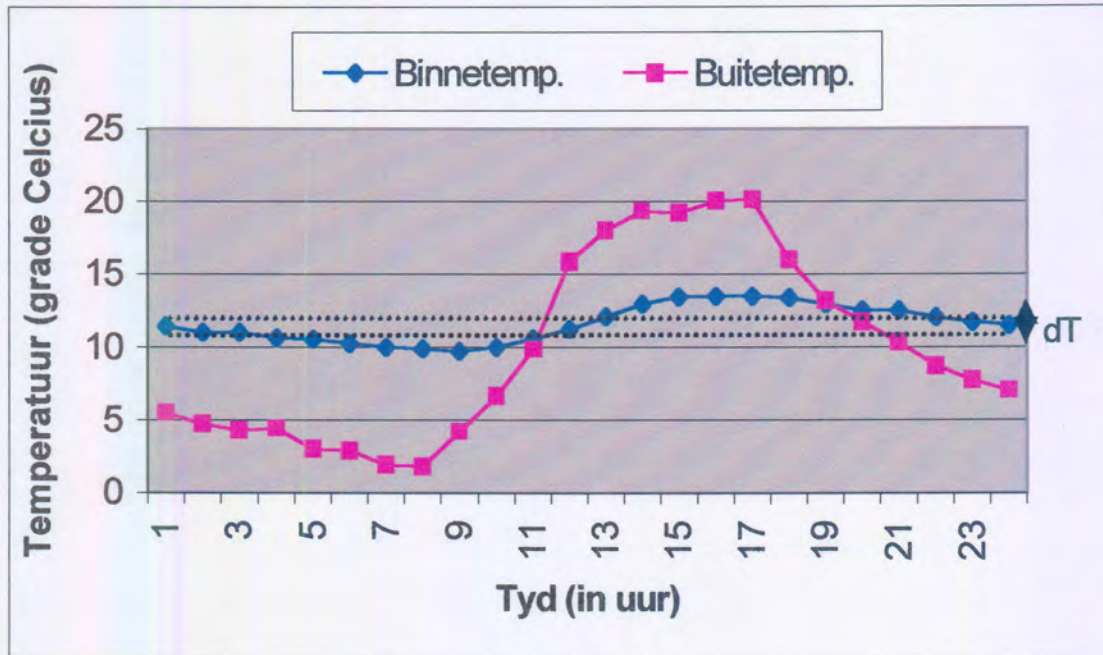
dT is die verskil tussen die gemiddelde binnenshuistemperatuur en die gemiddelde buitelugtemperatuur (Figuur 5.1). dT is gewoonlik 2 kelvin (K) hoër binne die huis as buite in somertoestande vir natuurlik geventileerde huise van normale konstruksie, maar dT vir wintertoestande is afhanklik van die a) persentasie van die noordvensters ten opsigte van die totale vloeroppervlakte, b) die transmissie van straling deur die noordvensters en c) isolering deur die dop (eksterne mure en dak).

$dT \propto \text{dopweerstand (R)} \times \text{Noordvensteroppervlakte} / \text{totale vloeroppervlakte}$. (Hodgson & Lotz 1965)

$$\therefore dT = \text{konstante} \times \frac{R \cdot A_{\text{vensters}}}{A_{\text{vloer}}} \dots \dots \dots (1).$$

In wintertoestande is die ideaal dat die gemiddelde binnenshuistemperatuur bo die gemiddelde buitetemperatuur moet wees, dus moet dT groot wees (dit moet 'n positiewe waarde hê). Vir dT om groot te wees, kan die noordvensteroppervlakte groot wees en/of die dopweerstand moet hoog wees. As die noordvensters egter te groot is, sal te veel hitteverlies

deur vensters in die winternagte plaasvind en te veel hitte sal in die somersdae opgeneem word. Die verhoging van die dopweerstand is dus 'n beter opsie. Om die gewenste dT (die dT waarby die temperatuur binne die gemaksone val) te bereken, sal die gemiddelde gemaklike binnetemperatuur (T_n) bereken moet word (Sien **Bylae 4** vir die berekeninge).



FIGUUR 5.1 - dT = verskil tussen die gemiddelde binnetemperatuur en die gemiddelde buitetemperatuur

Om die waarde van dT te vergroot kan die volgende norme gebruik word (in stygende orde van lewensiklus boukoste verbonde):

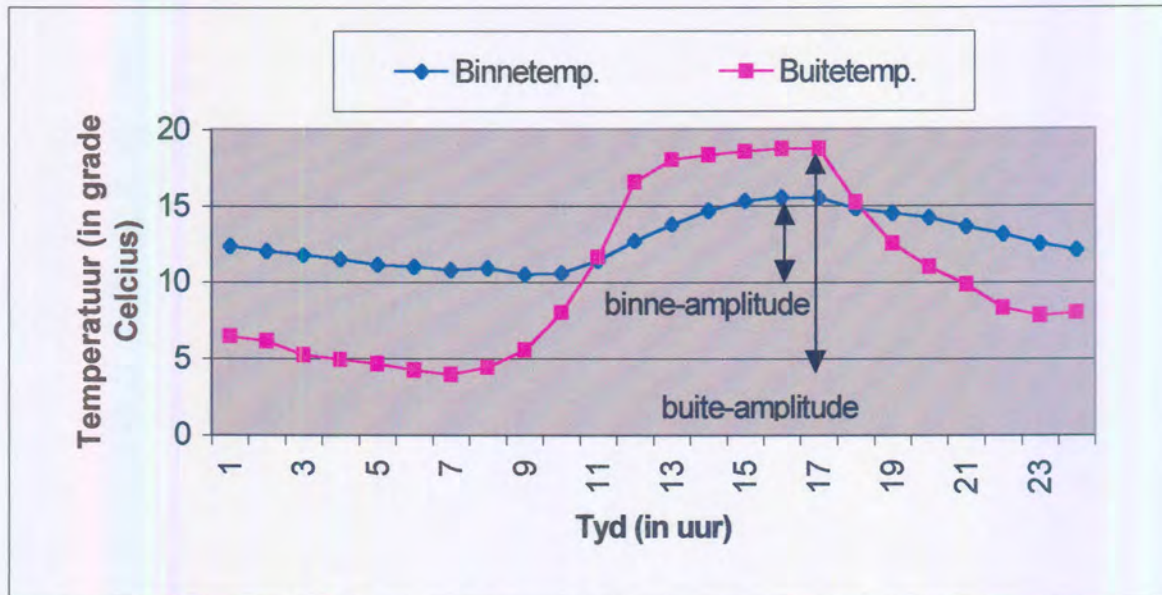
- vergroot die massa van die mure en dak
- vergroot die massa van die mure en dak en verkoeling snags
- gebruik interne lugbeweging (byvoorbeeld deur 'n plafonwaaier)
- direkte verdampingsverkoeling
- indirekte verdampingsverkoeling
- lugreëling

5.3 Amplitudeverhouding as bepalende faktor in ontwerpnorme

Die amplitudeverhouding is die verhouding tussen die binne-amplitude (verskil tussen die maksimum en die minimum binnetemperatuur) en die buite-amplitude (verskil tussen die maksimum en minimum buittemperatuur) (**Figuur 5.2**) of dit kan ook uitgedruk word as Amplitudeverhouding = konstante $\times 1/CR$ waar (2).

R = termiese weerstandbiedendheid (dopweerstand, in $m^2.K/W$)

C = effektiewe interne kapasiteit (in kJ/K.m²) (Hodgson & Lotz 1965)



FIGUUR 5.2 - Amplitudeverhouding = binne-amplitude/buite-amplitude

Die buite-amplitude (of temperatuurswaai) is gewoonlik groot (die verskil tussen dag- en nagtemperatuur is groot), maar die binne-amplitude moet so klein as moontlik wees (die verskil tussen dag- en nagtemperatuur moet so laag moontlik gehou word). Volgens Szokolay (1986:172) moet die maksimum binnenshuise amplitude nie groter as 3,5 K vir maandelikse gemiddelde wees nie en die jaarlikse gemiddelde moet nie meer as 4 K wees nie. Die maksimum toelaatbare amplitudeverhouding (die amplitudeverhouding waarby die temperatuur binne die gemaksone val) moet dus klein wees. Wanneer dit in terme van vergelyking 2 uitgedruk word, beteken dit dat die produk van CR groot moet wees, dit wil sê die effektiewe interne kapasiteit en/of die dopweerstand moet hoog wees. Volgens Baer (1988) behoort die grootste CR verkry te word as die dopweerstand en die effektiewe interne kapasiteit ewe groot is.

Volgens formules (1) en (2) het termiese weerstandbiedendheid (dopweerstand) 'n invloed op beide dT en die amplitudeverhouding. Die verhoging of verlaging van die massa van die eksterne mure of dak behoort dus die amplitudeverhouding en dT so te verander dat die binnetemperatuur binne die gemaksone val.

Wanneer die gemiddelde temperatuur vir die 12 klimaatstreke (een weerstasie per streek) gebruik word om die gewenste dT en behaaglike amplitudeverhoudings te bereken (sien **Bylae 4** vir berekeninge), word die resultate soos uiteengesit in **Tabel 5.1** verkry.

TABEL 5.1 - Die gewenste dT en die behaaglike amplitudeverhoudings vir die verskillende klimaatstreke in Suid-Afrika (weerdata van een weerstasie per streek)

Klimaatstreek	Gewenste dT (K)		Maksimum Amplitudeverhouding	
	Somer	Winter	Somer	Winter
Mediterreense klimaat	3,11	9,18	0,30	0,38
Tuinroete	3,87	8,70	0,33	0,31
Halfwoestyn	0,97	9,73	0,21	0,28
Woestyn	-0,20	9,87	0,18	0,22
Noordelike steppe	0,97	9,52	0,25	0,21
Suidelike steppe	1,73	12,29	0,24	0,22
Suidoos kus	2,63	6,91	0,37	0,38
Subtrope	0,63	6,15	0,51	0,30
Natalse Hoogland	1,59	9,94	0,14	0,19
Laeveld	-0,55	5,66	0,22	0,28
Hoëveld	3,66	10,63	0,31	0,36
Noord-Transvaal	1,73	9,46	0,35	0,30

Meer weerstasies se temperatuurlesings is nodig om interpolasies en 'n betekenisvolle analise te kan doen en die verband tussen die gewenste dT en die maksimum toelaatbare amplitudeverhouding in die verskillende klimaatstreke aan te toon. Daarom is daar van 'n Geografiese Inligtingstelsel (GIS) *Arcview – Spatial Analyst* gebruik gemaak. Weerdata vir elke breedtegraad in Suid-Afrika is gebruik en dieselfde berekening wat in **Bylae 4** gedoen is, is met die weerdata vir elke breedtegraad in Suid-Afrika gedoen. Die ontwerp van die databasis vir die Geografiese Inligtingstelsel is in **Bylae 5** te sien.

5.4 Resultate en bespreking

Die resultate word grafies voorgestel in **Figure 5.3** tot **5.6** en opgesom in **Tabel 5.2** hieronder.

Tabel 5.2 - Die gewenste dT en die behaaglike amplitudeverhoudings vir die verskillende klimaatstreke in Suid-Afrika (weerdata vir elke 1^o breedtegraad)

Klimaatstreek	Gewenste dT		Maksimum Amplitudeverhouding	
	Somer	Winter	Somer	Winter
Mediterreense klimaat	1 – 5,9	8 – 12,9	0,1 – 0,39	0,2 – 0,69
Tuinroete	1 – 5,9	7 – 12,9	0,2 – 0,39	0,2 – 0,49
Halfwoestyn	0 – 4,9	8 – 13,9	0,1 – 0,39	0,2 – 0,49
Woestyn	-2 – 4,9	6 – 13,9	0,1 – 0,19	0,2 – 0,39
Noordelike steppe	-1 – 3,9	9 – 12,9	0,1 – 0,29	0,1 – 0,29
Suidelike steppe	2 – 6,9	9 – 13,9	0,1 – 0,39	0,2 – 0,39
Suidoos-kus	1 – 4,9	6 – 8,9	0,2 – 0,59	0,2 – 0,49
Subtroke	-1 – 3,9	3 – 8,9	0,2 – 0,49	0,2 – 0,39
Natalse Hoogland	1 – 7,9	8 – 12,9	0,1 – 0,19	0,1 – 0,39
Laeveld	-1 – 2,9	4 – 7,9	0,2 – 0,29	0,2 – 0,39
Hoëveld	2 – 13,9	7 – 19,9	0,2 – 0,39	0,2 – 0,69
Noord-Transvaal	0 – 3,9	6 – 10,9	0,2 – 0,49	0,2 – 0,39

Dit blyk dat 'n klimaatstreek meer as een temperatuur vir die gewenste dT of maksimum toelaatbare amplitudeverhouding kan hê. Hierdie temperature is van Figure 5.3 tot 5.6 afgelees en toon nie noodwendig die heel kleinste stippeltjies van 'n kleur aan nie. Wanneer 'n stippeltjie op die grens van twee klimaatstreke lê, is dit moeilik om te sê of dit in die een of die ander klimaatstreek val, want die grens van 'n klimaatstreek is nie 'n presiese lyn wat twee klimaatstreke van mekaar skei nie. Vir die opstel van binnenshuise ontwerpnorme is dit ook nie nodig om so presies te werk nie. Van meer belang is die basiese neiging van die gewenste dT en die maksimum toelaatbare amplitudeverhouding in elke streek vir somer- en wintertoestande.

In die klimaatstreke wat 'n gevraade dT van 2 K het is geen spesifieke ontwerpnorme vir huise nodig nie, want die huise is outomaties termies gemaklik. Daar is deur ervaring bewys dat die binnetemperatuur vir gemak normaalweg 2 K hoër as die buitetemperatuur is (Wentzel 1982:10). 'n Negatiewe of baie klein gewenste dT (minder as 2 K) beteken dat verkoeling in hierdie gebiede nodig is, terwyl in gebiede met 'n gewenste dT groter as 2 K teoreties verwarming nodig is. In die praktyk sal verwarming eers bo ongeveer 6 K nodig wees, omdat mense akklimatiseer en hulle gedrag verander om by die temperatuur aan te pas. In Suid-Afrika is die periode wanneer verwarming nodig is, ook van korte duur en daarom word daar ook tans nie altyd vir die winterperiode ontwerp nie. Al die gebiede met 'n eenvormige kleur op die kaart, waar ookal in die land sal dieselfde ontwerpnorme kan gebruik indien die gewenste dT somer en winter en die maksimum toelaatbare amplitudeverhoudings dieselfde is. Die norme wat by die ontwerp van huise gebruik word, sal afhanklik wees van die klimaatstreke met die strengste amplitudeverhouding, hetsy in die somer of in die winter; dit wil sê 'n huis wat gebou is in 'n klimaatstreek wat 'n strenger

amplitudeverhouding in die somer het as in die winter, sal volgens die somer-amplitudeverhouding ontwerp wees.

Wat verkoeling betref moet huise ontwerp word met kleiner vensters om die hitte-opname te beperk en dikker mure, muur- of dakisolasie en 'n kleiner vloeroppervlakte. Vir verwarming moet huise met groter vensters ontwerp word vir verhoogde hitte-opname, 'n laer termiese massa in die mure en 'n groter vloeroppervlakte. Hoe strenger die amplitudeverhouding is, hoe groter moet die termiese massa wees – gekombineer met dopweerstand - (dakisolasie, 'n plafon, dikker mure, muurisolasie ens.) wat nodig is om die skommeling tussen dag- en nagtemperatuur te beperk.

5.4.1 Mediterreense klimaat

In die kusgebiede is geen verkoeling in die somer nodig nie, maar in die binneland wel. Die hele streek sal verwarming in die winter vereis, maar veral meer in die binneland. Die someramplitudeverhouding is strenger as die winteramplitudeverhouding.

5.4.2 Tuinroete

Die kusgedeeltes het geen verkoeling in die somer nodig nie, maar in 'n baie klein Noord-oostelike binnelandse gedeelte is dit wel nodig. Die hele streek sal verwarming in die winter nodig hê, maar veral op die grens van die Halfwoestynstreek. Oor die algemeen is die someramplitudeverhouding strenger as die winteramplitudeverhouding.

5.4.3 Halfwoestyn

Groterige gedeeltes in die middel van die streek sal verkoeling in die somer nodig hê. Vir die hele streek sal verwarming in die winter nodig wees. Die someramplitudeverhouding is strenger as die winteramplitudeverhouding.

5.4.4 Woestyn

Die grootste deel van hierdie streek sal verkoeling in die somer nodig hê. Net 'n gedeelte aan die weskus en in die suide van die streek het geen verwarming nodig nie. Die hele streek sal verwarming in die winter vereis behalwe aan die noordelike grense van die streek. Dit is veral in die middel en suidelike dele van die streek waar verwarming nodig is. In die noordelike deel van die streek sal die gewenste dT in die somer van meer belang wees en in die suide sal die gewenste dT in die winter van meer belang wees. In hierdie hele streek is die someramplitudeverhouding strenger as die winteramplitudeverhouding.

5.4.5 Noordelike steppe

Verkoeling is in die somer in meer as die helfte van hierdie streek nodig en dit word belangriker hoe verder noord beweeg word. Die hele streek sal verwarming in die winter nodig hê, maar dit word al hoe belangriker hoe verder suid beweeg word. Die winteramplitudeverhouding is in die grootste gedeelte strenger as die someramplitudeverhouding. In 'n klein suidelike gedeelte van die streek is die somer- en winteramplitudeverhoudings ewe streng. Dit is in 'n gedeelte waar winterverwarming van meer belang is as somerverkoeling.

5.4.6 Suidelike steppe

In hierdie streek is in die somer geen verkoeling nodig nie, maar wel verwarming in baie klein gedeeltetjies meer aan die westekant van die streek. In die hele streek sal aansienlike verwarming in die winter nodig wees. Die someramplitudeverhouding is oor die algemeen strenger as die winteramplitudeverhouding.

5.4.7 Suidoos-kus

In hierdie streek is geen verkoeling in die somer nodig nie, behalwe in 'n baie, baie klein gedeelte in die noordooste van die streek. In omtrent die hele kusstrook is geen verwarming in die winter nodig nie, maar in die binneland wel. Die somer- en winteramplitudeverhoudings is oral omtrent ewe streng. In die gedeelte waar verkoeling in die somer nodig is, is die winteramplitudeverhouding strenger as die someramplitudeverhouding. Aan die noordwestelike grens van die streek is die someramplitudeverhouding strenger as die winteramplitudeverhouding.

5.4.8 Subtrope

Die grootste deel van hierdie streek het verkoeling in die somer nodig, veral hoe verder daar noord beweeg word. Hierdie streek het byna geen verwarming in die winter nodig nie, veral nie langs die kusgebiede nie. Die binneland sal wel verwarming in die winter nodig hê. Die winteramplitudeverhouding is strenger as die someramplitudeverhouding.

5.4.9 Natalse Hoogland

In hierdie streek is verkoeling in die somer in baie klein gedeeltes in die meer noordelike deel van die streek nodig, maar in die somer is verwarming in die sentrale gedeeltes van die streek nodig. Die hele streek het verwarming in die winter nodig, maar veral nader aan die noordelike grens van die streek. Die winteramplitudeverhouding is strenger as die someramplitudeverhouding.

5.4.10 Laeveld

In die hele streek is verkoeling in die somer nodig en geen verwarming in die winter nie. Die somer en winteramplitudeverhoudings is omtrent ewe streng.

5.4.11 Hoëveld

Die streek het geen verkoeling in die somer nodig nie, maar wel verwarming in die somer in die suidelike en enkele noordelike gedeeltes. Die hele streek sal verwarming in die winter nodig hê veral in die suidelike deel. Die somer en winter amplitudeverhoudings is omtrent ewe streng.

5.4.12 Noord-Transvaal

Die grootste gedeelte van die streek het verkoeling in die somer nodig, veral hoe verder noord beweeg word. Die grootste gedeelte van die streek het verwarming in die winter nodig, veral hoe verder suid beweeg word. Die heel noordelikste punt het geen verwarming in die winter nodig nie. Die winteramplitudeverhouding is strenger as die somer-amplitudeverhouding.

Daar is geen verkoeling in enige van die streke in die winter nodig nie, maar in klein gedeeltes van die Natalse Hoogland, die Suidelike Steppe en die Hoëveld is wel verwarming in die somer nodig. Wanneer die kaarte met maksimum toelaatbare amplitudeverhouding vergelyk word met die met die gewenste dT , blyk dit dat in streke soos die Natalse Hoogland, Noord-Transvaal, die Noordelike Steppe en die Subtrope 'n verhoogde termiese massa en groot vensters nodig is om termiese gemak te bereik. Die groter vensters veral in die Natalse Hoogland en die Noordelike Steppe, sal die verhoogde termiese massa oneffektief maak, omdat die winteramplitude in die gebiede die strengste is. Daarom sal vir die vensters in hierdie klimaatstreke óf dubbelbeglasing óf goeie vensterbestuur (luike, rolluike, swaar gordyne) nodig wees om die hitte te behou. Bo en behalwe termiese massa en klein vensters sal 'n waaier in die noordelike deel van die Woestyn en die Laeveld wenslik wees. Die Mediterreense klimaat, Tuinroete, Halfwoestyn, Suidelike Steppe, Suidoos-kus, Hoëveld en die suidelike deel van die Woestyn sal slegs 'n verhoogde termiese massa nodig hê.

FIG. 10- Gevraagde somer dT vir behaaglikheid vir die verskillende klimaatstreke van Suid Afrika

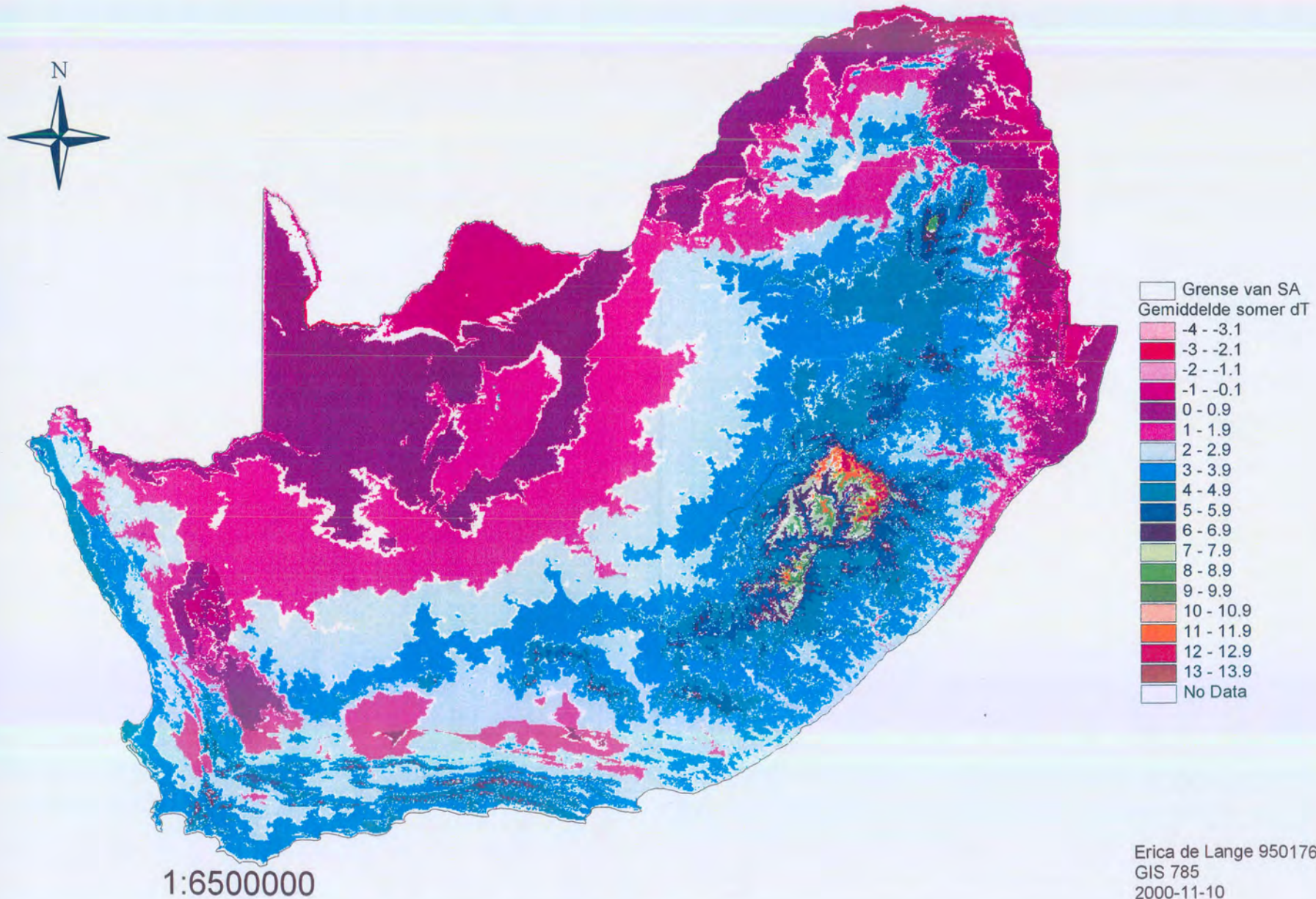
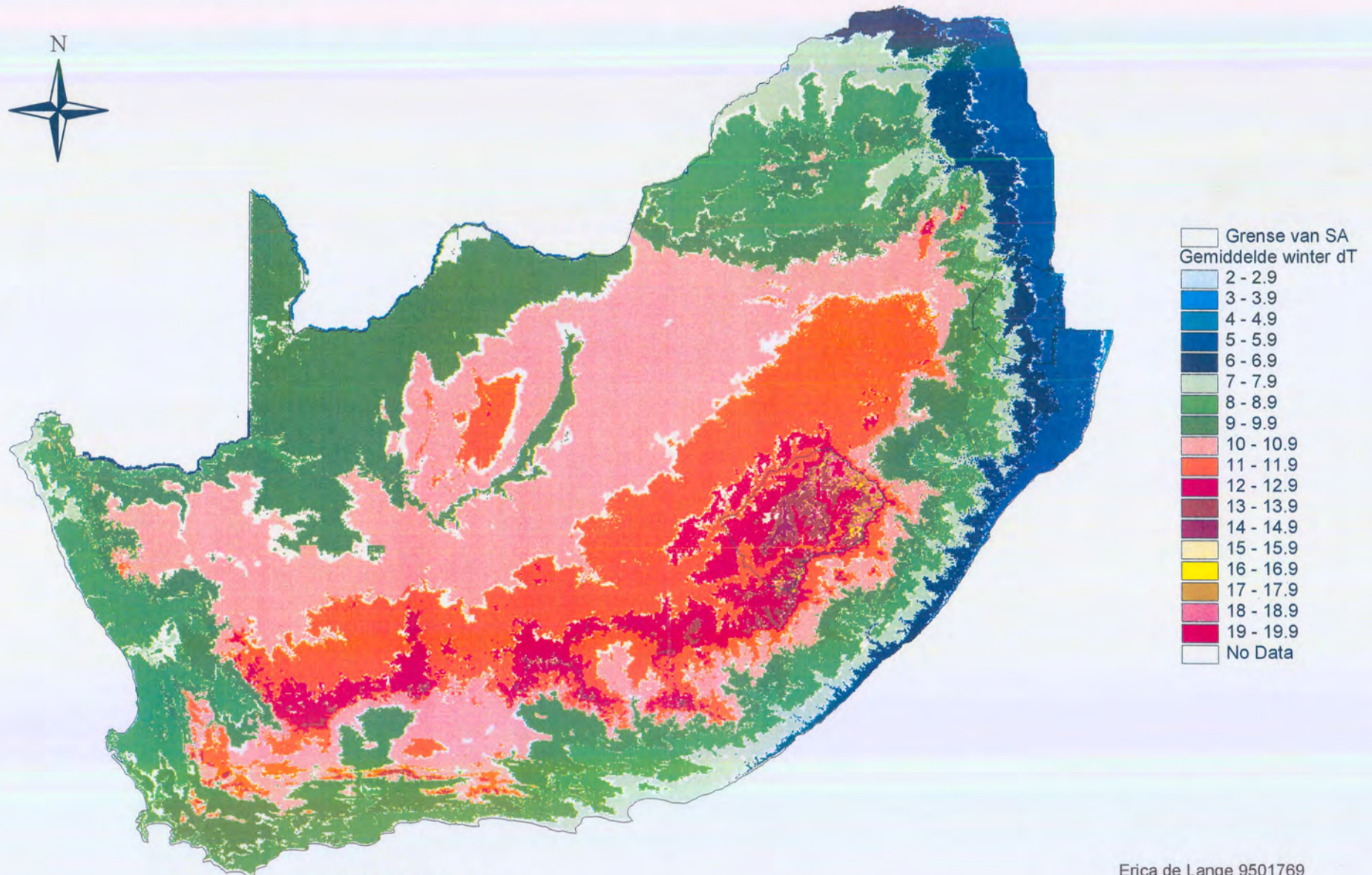


FIG. 11- Gevraagde winter dT vir behaaglikheid vir die verskillende klimaatstreke van Suid Afrika



1:6500000

Erica de Lange 9501769
GIS 785
2000-11-10

FIG.- 12 Maksimum toelaatbare somer behaaglikheids amplitudeverhouding vir die verskillende
klimaatstreke van Suid Afrika

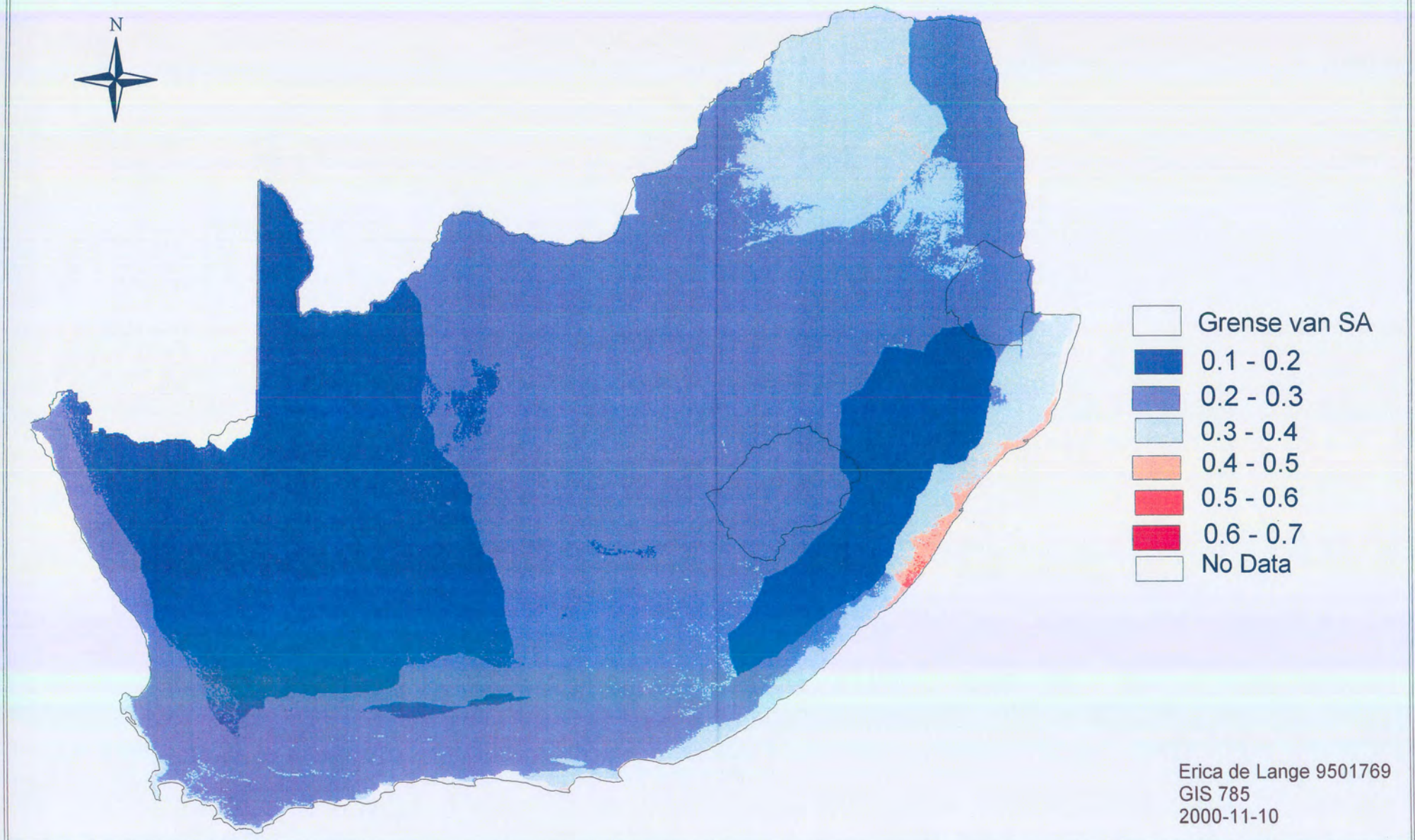
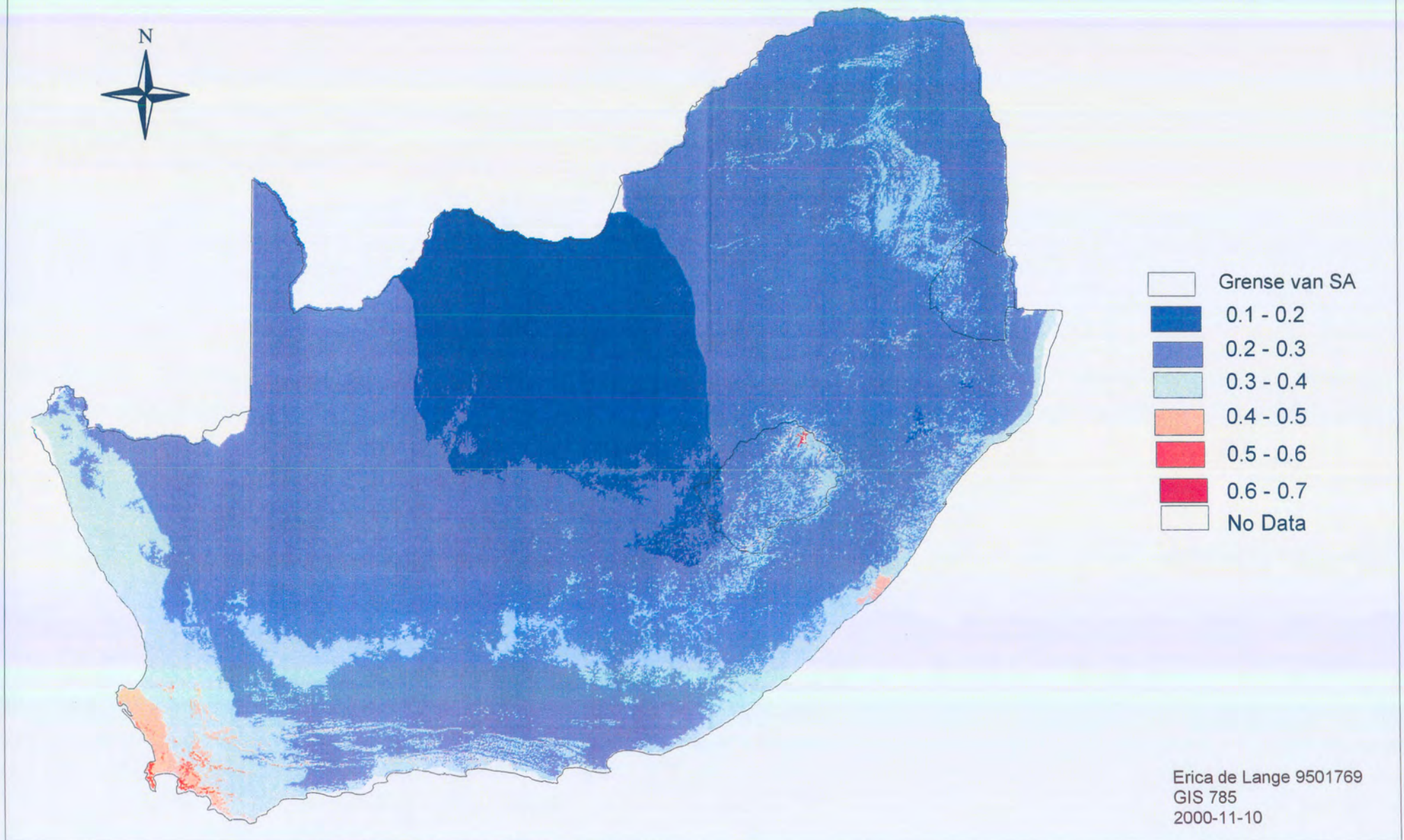


FIG. 13- Maksimum toelaatbare winter behaaglikheids amplitudeverhouding vir die verskillende
klimaatstreke van Suid Afrika



5.5 Opsomming

Daar is sekere faktore wat die binneklimaat en die termiese reaksie van 'n huis bepaal. Hierdie faktore word deur die gewenste dT en die maksimum toelaatbare amplitudeverhouding beïnvloed. Volgens Hodgson en Lotz se vergelykings het termiese weerstandbiedendheid 'n invloed op beide dT en amplitudeverhouding. Die verhoging of verlaging van massa in die eksterne muur of dak behoort dus dT en die amplitudeverhouding gelyktydig te verander, sodat die binnetemperatuur binne die gemaksonse val. Deur slegs van een weerstasie per klimaatstreek gebruik te maak om weerdata te bekom is nie voldoende nie. Daar is dus van 'n Geografiese Inligtingstelsel gebruik gemaak met weerdata vir elke 1° breedtegraad. Deur van die Geografiese Inligtingstelsels gebruik te maak kon bepaal word watter ontwerpnorme in watter klimaatstreke voorrang moet geniet om termiese behaaglikheid in huise in hierdie streke te verkry.

- In die Mediterreense klimaat, Tuinroete, Halfwoestyn, Suidelike Steppe, Suidoos-kus en Hoëveld is die gewenste winter- dT en die maksimum toelaatbare somer-amplitudeverhouding van meer belang by die keuse van binnenshuise ontwerpnorme vir behaaglikheid.
- In die Noordelike Steppe en die Natalse Hoogland is die gewenste winter- dT en die maksimum toelaatbare winteramplitudeverhouding van meer belang by die keuse van binnenshuise ontwerpnorme vir behaaglikheid.
- In die Subtrope is die gewenste somer- dT en die maksimum toelaatbare winter-amplitudeverhouding van meer belang by die keuse van binnenshuise ontwerpnorme vir behaaglikheid.
- In die noordelike deel van die Woestyn is die gewenste somer- dT van meer belang en in die suidelike deel is die gewenste winter- dT van meer belang by die keuse van binnenshuise ontwerpnorme vir behaaglikheid.
- In die hele Woestyng gebied is die maksimum toelaatbare someramplitudeverhouding egter van meer belang by die keuse van binnenshuise ontwerpnorme vir behaaglikheid.
- In die noordelike deel van Noord-Transvaal is die gewenste somer- dT van meer belang en in die suidelike deel is die gewenste winter- dT van meer belang by die keuse van binnenshuise ontwerpnorme vir behaaglikheid, maar in die hele Noord-Transvaal is die maksimum toelaatbare winteramplitudeverhouding van meer belang by die keuse van binnenshuise ontwerpnorme vir behaaglikheid.
- In die Laeveld is die gewenste somer- dT en die maksimum toelaatbare somer-amplitudeverhouding van meer belang by die keuse van binnenshuise ontwerpnorme vir behaaglikheid.

5.6 Gevolgtrekking

Die maksimum toelaatbare amplitudeverhouding en die gewenste dT kan nie onafhanklik van mekaar beskou word nie. Die Mediterreense klimaat, Tuinroete, Halfwoestyn, Suidelike Steppe, Suidoos-kus, Hoëveld en die suidelike deel van die Woestyn het min of meer dieselfde binnenshuise ontwerpnorme vir behaaglikheid nodig. Die suidelike deel van die Noordelike Steppe, Natalse Hoogland en die suidelike deel van Noord-Transvaal het min of meer dieselfde binnenshuise ontwerpnorme vir behaaglikheid nodig. Die noordelike deel van die Noordelike Steppe, die Subtropie en die noordelike deel van Noord-Transvaal het min of meer dieselfde ontwerpnorme vir behaaglikheid nodig. Die noordelike deel van die Woestyn en die Laeveld het albei redelik unieke ontwerpnorme vir behaaglikheid nodig.

Die streng amplitudeverhouding in die Noordelike Steppe (vir die winter) en die Woestyn (vir die somer) bevestig saam met die lae dT-waardes (in die somer) dat daar van termiese massa gebruik gemaak moet word om huise in hierdie klimaatstreke termies gemaklik te maak. Wanneer daar van hierdie ontwerpnorme gebruik gemaak word, sal die minimum hoeveelheid energie nodig wees om die temperatuur binne die termiese gemaksone te hou. Dan is die minimum hoeveelheid elektrisiteit of ander vorme van energie nodig vir ruimteverwarming of – verkoeling nodig.

HOOFSTUK 6 - OPSOMMING, GEVOLGTREKKINGS EN AANBEVELINGS

6.1 Opsomming

Hoewel daar 'n energiekrisis in die wêreld beleef word, verskaf Eskom tans genoeg elektrisiteit om aan die algemene behoeftes van die stedelike huishoudelike sektor te voldoen. Die spitsaanvraag van hierdie sektor sal egter 'n maksimum bereik nog lank voordat Eskom se spitsaanbod 'n maksimum bereik het. Die verbruik van elektrisiteit moet dus beter bestuur word. Die meeste huise is termies ongemaklik maar deur die toepassing van passiewe sonenergieontwerpbeginsels kan binnenshuise gemak verbeter en die behoefte aan energie uit steenkool verminder word. Veral in die lig van die talle behuisingsprojekte wat tans in Suid-Afrika aangepak word, is dit nodig dat huise uit die staanspoor energie-effektief ontwerp moet word.

Suid-Afrika kan in 12 klimaatstreke verdeel word elk met kenmerkende eienskappe wat bepaalde ontwerpnorme vereis wat verskillend is tussen die streke, maar ook verskillend is vir somer- en winter- én dag- en nagtoestande. In Suid-Afrika is daar egter geen ontwerp-normstandaarde vir die binneklimaat van natuurlik geventileerde huise nie. Nadat vasgestel is wat die termiese gemaksone is en hoe dit teoreties bereik kan word in elke klimaatstreek in Suid-Afrika, is 'n opname gemaak om te bepaal watter ontwerpnorme deur Suid-Afrikaanse argitekte toegepas word om termiese gemak binne privaat huise (enkel wooneenhede) te bereik en hoe bewoners die huise termies ervaar. In die literatuur word passiewe sonenergieontwerpbeginsels vir die effektiewe gebruik van energie in huise aanbeveel, maar volgens die opname is die norme wat deur argitekte gebruik word om termiese gemak te bereik, baie vaag.

Daar is sterk ekonomiese, sosiale en omgewingsdruk om termiese gemak of behaaglikheid te definieer. Aanvanklik is 'n enkele temperatuurindeks (DBT) vir die bepaling van termiese gemak gebruik, maar dit is veruim vir 'n termiese gemaksone wat beïnvloed word deur faktore soos straling, lugbeweging, kleredrag, metabolisme en aspekte wat onlangs vasgestel is, naamlik fisiologiese en fisiese aanpassings en akklimatisering. Daar is 'n reeks temperature waarby 'n persoon gemaklik sal voel, en dit kan as 'n gemaksone geïnterpreteer word. Deur die gepaste ontwerpnorme te gebruik, kan toestande in die verskillende klimaatstreke by of naby aan die gemaksone gehou word. Uit historiese data is gemiddelde temperature vir bepaalde omgewings bereken. Daarvan is plaaslike gemiddelde behaaglikheidstemperature afgelei wat akklimatisering, toepaslike aktiwiteit en kleredrag (*clo*) in ag neem. Die vasgestelde gemiddelde behaaglikheidstemperatuur is die middelpunt van 'n gemaksone wat die limiete vir binnenshuise gemak se amplitude gee. Deur die vereiste binnenshuise

amplitude deur die werklike buite-amplitude te deel, kry ons die vereiste maksimum gemaksamplitudeverhouding.

dT (die verskil tussen die gemiddelde binne- en buitetemperatuur) en die amplitudeverhouding (ideale binne-amplitude/ buite-amplitude) is twee faktore wat kan bepaal watter ontwerpnorme vir huise gebruik kan word om termiese gemak te bereik. Volgens die formules vir die berekening van dT en die amplitudeverhouding het die termiese massa en die dopweerstand 'n invloed op beide bogenoemde faktore. Dus behoort verhoging of verlaging van termiese massa en dopweerstand termiese gemak in huise haalbaar te maak.

Hierdie twee faktore kan nie onafhanklik van mekaar beskou word wanneer die binnenshuise ontwerpnorme vir behaaglikheid opgestel word nie. In sommige streke sal 'n gewenste somer- dT en maksimum toelaatbare someramplitudeverhouding van groter belang wees by die keuse van binnenshuise ontwerpnorme vir behaaglikheid; in ander sal 'n gewenste somer- dT en maksimum toelaatbare winteramplitudeverhouding van groter belang wees; of 'n gewenste winter- dT en maksimum toelaatbare winteramplitudeverhouding kan van meer belang wees; of 'n gewenste winter- dT en maksimum toelaatbare someramplitudeverhouding kan van groter belang wees.

Deur die toepaslike ontwerpnorme vir huise in die verskillende klimaatstreke te gebruik, sal minder energie nodig wees om termiese gemak in huise te bereik, sodoende kan die spitsaanvraag na elektrisiteit verlaag word sodat 'n gelykmatige kromme vir elektrisiteitsverbruik verkry word.

6.2 Gevolgtrekking

Die ontwerpnorme wat deur Suid-Afrikaanse argitekte gebruik word, is baie vaag en nie spesifiek vir elke klimaatstreek nie. Tog word die norme, volgens die argitekte, as toereikend deur die huisbewoners ervaar. Uit die literatuur blyk reeds dat verskillende ontwerpnorme nodig is vir die verskillende klimaatstreke en vir verskille tussen somer- en winter- en dag- en nagtoestande, maar dieselfde gevolgtrekking kan nie tot dusver oor die norme in die praktyk gemaak word nie. Die argitekte gebruik sommige van die beginsels van passiewe sonontwerp vir huise soos noordoriëntasie van die huis en groot vensters aan die noordekant, maar daar word na geen spesifieke norme verwys wat bepaald geld vir die klimaatstreek waarvoor die argitek ontwerp nie. Enkele argitekte (maksimum 3) het verwys na spesifieke ontwerptemperature waarna gemik word. Die ontwerpnorme wat in die praktyk deur argitekte gebruik word vir die ontwerp van privaat huise (enkel wooneenhede) moet meer in diepte ondersoek word, asook die ervaring van huisbewoners in hierdie huise, om te bepaal waarom

die bewoners gemaklik voel ondanks die feit dat die huise nie noodwendig met die oog op termiese behaaglikheid ontwerp is nie. Dit is onmoontlik om te sê of die huisbewoners werklik termiese behaaglikheid ervaar in die huise wat deur die ondervraagde argitekte ontwerp is en hulle sal self daarvoor ondervra moet word.

Die algemene afwesigheid van ontwerpnorme vir binneklimaat in die verskillende streke, asook die afwesigheid van wetenskaplik objektiewe terugvoertoetse skep die indruk dat dit as 'n ondergeskikte aspek beskou word. **Hipotese 1** (dat argitekte in die reël nie klimaatstreke in ag neem by die ontwerp van huise nie) word dus as geldig aanvaar.

Daar kan ook gesê word dat die algemene afwesigheid van ontwerpnorme vir binneklimaat vir die verskillende seisoene, asook die afwesigheid van wetenskaplik objektiewe terugvoertoetse die indruk skep dat dit as 'n ondergeskikte aspek beskou word. **Hipotese 2** (dat argitekte in die reël nie seisoene in aanmerking neem by die ontwerp van huise nie) word dus ook as geldig aanvaar. Daar is 'n definitiewe behoefte daaraan om argitekte bewus te maak van die beskikbare kennis en tegnieke om huise termies gemaklik te ontwerp.

Deur gebruik te maak van 'n Geografiese Inligtingstelsel (GIS) is die gewenste dT-waardes en maksimum toelaatbare amplitudeverhoudings vir die gemiddelde somer- en winter-temperature vir elke 1° breedtegraad in Suid-Afrika bepaal. Om beide die gewenste dT en die maksimum toelaatbare amplitudeverhoudings te verkry, moet daar van verhoogde termiese massa van die huis, gepaard met verhoogde dopweerstand, gebruik gemaak word, dit wil sê van spoumure met isolasie in die middel, 'n plafon, dakisolasie en vloere met 'n groter massa.

Deur van passiewe sonenergieontwerpbeginsels gebruik te maak, kan die bewoners meer termiese gemak in hulle huise ervaar. Wanneer 'n huis termies gemaklik ontwerp en gebou is, sal die inwoner die minimum hoeveelheid energie nodig hê om in die winter en in die somer termies gemaklik te wees. Die energiebron wat in huise gebruik word is hoofsaaklik elektrisiteit. Deur met behulp van effektiewe ontwerp minder elektrisiteit vir ruimteverwarming en -verkoeling asook vir beligting te gebruik, kan die spitskromme vir die verbruik van elektrisiteit afgeplat word. Dit kan daartoe bydra dat die bou van kragstasies deur Eskom met 'n jaar of twee vertraag kan word, omdat kragstasies dan nie net gebou hoef te word om aan die spitsaanvraag vir elektrisiteit te probeer voldoen nie.

6.3 Aanbevelings

In die vraelyste kon meer spesifiek gevra gewees het of enige 'lewensikluskoste' deur die argitekte in ag geneem word en of enige energieteikens (bepaal dat 'n x grootte oppervlak 'n y

kWh elektrisiteit per jaar moet gebruik) gestel is, sodat die argitek se siening ten opsigte van energie-effektiewe ontwerp verkry kan word.

'n Studie kan ook tot een enkel klimaatstreek beperk word, sodat daar 'n in diepte-ondersoek uitgevoer kan word na die ontwerpnorme wat deur argitekte in die bepaalde streek gebruik word en so kan 'n meer lewensgetroue beeld gekry word van die ontwerpnorme vir die bepaalde streek. Die gebruik van al die klimaatstreke in Suid-Afrika beperk die terugvoer wat per streek verkry word. Die paar argitekte per streek van wie daar wel terugvoer verkry is, is nie noodwendig verteenwoordigend van die hele streek nie. Daar moet soveel argitekte moontlik per streek ondervra word om die data en resultate so presies moontlik te hou. Indien dit moontlik is, moet die vraelyste vervang word deur persoonlike onderhoude, sodat die argitekte die vrae beter kan verstaan, meer betekenisvolle antwoorde verkry kan word en so tot 'n beter interpretasie van die resultate bygedra kan word.

Hoe die bewoners die termiese toestande in die huis ervaar kan direk van die huiseienaar self verkry word, maar eers nadat die huis betrek is sodat 'n ware indruk van die gemak of ongemak van die bewoners van die huis verkry kan word.

Daar word aanbeveel dat 'n verdere studie gedoen word waarby argitekte opdrag gegee word om die ontwerpnorme wat in die literatuur gegee is en dié wat deur hierdie studie aanbeveel is, te gebruik by die ontwerp van privaat huise, daarna te bepaal of die bewoners gemaklik is en wat die temperature is waarby die bewoners gemaklik is. Die presiese gemaksones kan so vir elke streek bepaal word en dan kan isokontoere op die landkaart getrek word wat vir argitekte 'n aanduiding sal gee van watter temperature in elke klimaatstreek behaaglik is en dan kan die spesifieke ontwerpnorme om die temperature te bereik toegepas word. Dit mag dalk 'n saak word van probeer en weer probeer om presies vas te stel by watter temperature die bewoners gemaklik is. Die riglyne vir ontwerpnorme wat so verkry is, en in baie meer detail beskou is, kan gebruik word om 'n binneklimateontwerpstandaard vir natuurlik geventileerde huise in elke klimaatstreek in Suid-Afrika op te stel .



BYLAES

1.

Faks nr. (012) 420 3837

Erica de Lange

Gebou 4 Oos

Kamer 2-15

Suid-Kampus

Universiteit van Pretoria

Pretoria, 0002

**VRAELYS OOR ONTWERPNORME AAN
ARGITEKTE EN ONTWIKKELAARS**

1. Vra kliënte u om 'n huis(e) so te ontwerp dat dit energie-effektief is?

2. Is dit u of u maatskappy se beleid om huise energie-effektief te ontwerp?

3. Ontvang u enige terugvoer oor die termiese gemak van mense in die huise wat u ontwerp. Indien wel, is dit positief of negatief?

4. Watter ontwerpnorme gebruik u vir binnetemperature?

5. Is u 'n ontwikkelaar of 'n argitek?

Stel u belang in die resultate
(Omkring die toepaslike antwoord)

Ja

Nee

Faksnr.: _____

Adres: _____

Poskode: _____

E-pos: _____



2.

Fax No. (012) 420 3837
Erica de Lange
Building 4 East
Room 2-15
South Campus
University of Pretoria
Pretoria, 0002

**To Architects and Developers:
Questionnaire about design strategies**

1. Do clients ask you to design energy efficient houses?

2. Is it your or your company's policy to design energy efficient houses?

3. Do you receive any feedback from clients about thermal comfort in the houses that you have designed? If you do, is it positive or negative?

4. What design strategies do you have for indoor temperature?

5. Are you an architect or developer?

Would you like to receive the results?
(Encircle the applicable answer)

Yes

No

Fax no.: _____

Address: _____

Postal Code: _____

E-mail address: _____

3. Klimaatstreke in Suid-Afrika, met die toepaslike ontwerpnorme vir geboue (Holm 1996)

Suid-Afrika word soos volg in 12 klimaatstreke verdeel (Hierdie klimaatstreke wat gebruik is in Holm 1996, is afkomstig van die dokument WB26 van die Suid-Afrikaanse Weerburo) (**Figuur 1**):



FIGUUR 1 - Klimaatstreke in Suid-Afrika (WB 26)

3.1 Mediterreense klimaat

Dit is gewoonlik kusgebiede. Die winterreënval is kenmerkend. Dit het warm, droë somers met koeler nagte, en nat, koel winters. Die prominente orografiese karakter van die landskap veroorsaak 'n definitiewe verskil tussen hierdie en ander klimaatstreke. Die gemiddelde daaglikse maksimum temperatuur is omtrent 28 °C in midsomer en 17 °C in midwinter, maar die uiterste maksima is onderskeidelik 43 °C en 30 °C. In die somer waai die wind byna uitsluitlik uit die suid-ooste en in die winter is daar meestal noord-westelike winde wat reën bring. Die sonskynduur wissel van omtrent 60% van die moontlike duur in Julie tot meer as 70% in Januarie. Die gemiddelde maandelikse humiditeit is 54%, wat draaglik is.

Ontwerpnorme

Beplanning: Stedelik uitleg moet kompak wees sodat eksterne ruimtes teen wind beskerm word. Die huis moet so geplaas word dat die langste sye in 'n noord-suid rigting kyk. In die somer moet die leefruimtes teen die suidoostelike wind beskerm word. Woonkamers moet 'n

noordelike aansig hê. Buitedeure moet teen reënindringing beskerm word, en reënwater moet van die huis af weggelei word.

Geboudop: Termiese massa is slegs vir die helfte van die winter effektief. Termiese massa moet in mure en vloer gekonsentreer word, dit wil sê die mure en die vloer moet 'n hoë hitte-kapasiteit hê (dit moet baie hitte kan opneem voordat die temperatuur verander) wat die sogenaamde vliegwiel-effek tot gevolg het. Die gemiddelde temperatuur binne die huis bly dieselfde, maar die maksimum of minimum temperatuur word afgeplat en temperatuurskommelings word vertraag. Spoumure (lugruimtes tussen die twee buitemuurlae) verhoog die effek van termiese massa. Die dak kan liggewig wees, maar moet goed geïsoleer wees. Eksterne mure moet reëndig wees (verkieslik spoumure), terwyl medium interne massa en eksterne hortjies voor die vensters aanbeveel word.

Sonbeheer: Soninvalshoek moet van so 'n aard wees dat die son in die somer afgeskerm en in die winter ingelaat word. Dubbelbeglasingvensters moet 14% van die vloeroppervlakte wees en enkelbeglasing 21%.

Ventilasie: Natuurlike ventilasie is voldoende en is noodsaaklik om muff te voorkom.

Bestuur: Swaar gordyne, blindings en hortjies moet in die winter snags toegemaak word om hitteverlies te beperk en in die somer bedags om hitte-opname te beperk. Natuurlike ventilasie moet in die somer snags toegepas word.

Sisteme: Aktiewe verhitting kan dalk in die winternagte nodig wees en verlaag terselfdetyd die relatiewe humiditeitsvlak.

3.2 Tuinroete

Die gebied strek van die kus af tot en met 'n bergreeks. Somers is warm, met koeler nagte; die winter is koud, maar warmer as in die binnelandse gebiede. Die orografiese karakter van die landskap het ook 'n invloed op die reënval. Die gemiddelde daaglikse maksimum temperatuur is omtrent 26 °C in Januarie en 19 °C in Julie, maar die uiterste maksima wat bereik kan word, is onderskeidelik 42 °C en 32 °C. Die somer word gekenmerk deur koel seebriese (suidoostelike of suidwestelike winde). In die binneland kan bergwinde in die laat somer voorkom, wat die temperatuur skerp laat styg. In die winter kom westelike en noordwestelike winde voor. Reën kom reg deur die jaar voor. Dit is 'n gebied met 'n hoë mate van bewolktheid en dus is die sonskynduur ongeveer 50% van die moontlike waarde. Dit het 'n hoë gemiddelde maandelikse humiditeit van 72%, wat baie ongemaklik is indien dit met hoë temperatuur saamval.

Ontwerpnorme

Beplanning: Stedelike uitleg moet kompak wees, sodat eksterne ruimtes teen seebriese uit die suidooste en suidweste beskerm word. Die huis moet so geplaas word dat die langste sye

in 'n noord-suid rigting kyk. Woonkamers moet 'n noordelike aansig hê. Buitedeure moet teen reënindringing beskerm word, en reënwater moet van die huis af weggelei word.

Geboudop: Termiese massa is slegs vir die helfte van die winter effektief. Termiese massa moet in die mure en vloer gekonsentreer word. Dak kan liggewig wees, maar goed geïsoleer. Die eksterne isolasie moet deur 'n ondeurlatende laag beskerm word. Goeie dakoorhange en 'n medium interne termiese massa is nodig. Spoumure is gebruiklik

Sonbeheer: Soninvalshoek moet van so 'n aard wees dat die son in die somer afgeskerm en in die winter ingelaat word. Noordvensters moet 18% van die vloeroppervlakte wees.

Ventilasie: Natuurlike ventilasie is voldoende, maar daar moet voorsiening gemaak word vir kruisventilasie, anders is muf 'n probleem met die hoë vogtigheid.

Bestuur: Gordyne, blindings en hortjies moet in die winter snags toegemaak word om hitteverlies te beperk en in die somer bedags om hitte-opname te beperk. Ventilasië-openinge kan in tye van oorverhitting oopgemaak word.

Sisteme: Aktiewe verhitting kan dalk in winternagte nodig wees en verlaag terselfdetyd die relatiewe humiditeit.

3.3 Halfwoestyn

Dit is die halfdor tot dorre suidelike binneland van die Kaapprovinsie. Reënval kom regdeur die jaar voor en is minder as 250 mm per jaar. Kenmerkend van hierdie gebied is die groot temperatuurskommeling, beide daaglik en seisoenaal. Dag- en nagtemperatuur kan tot met 28 °C verskil. Die gemiddelde daaglikse maksimum temperatuur is omtrent 32 °C in Januarie en 18 °C in Julie, terwyl uiterstes van onderskeidelik 45 °C en 31 °C al aangeteken is. Die winde in die somer is suidoos tot oos en suidwes en in die winter uit 'n noordwestelike rigting. Die lug is wolkloos, met die gevolg dat die jaarlikse sonskynduur gelyk is aan omtrent 70% van die moontlike. Die gemiddelde humiditeit is ongeveer 68%, wat baie hoog is.

Ontwerpnorme

Beplanning: Stedelike uitleg moet kompak wees, met geboue wat mekaar in die somer teen die son beskut. Strate wat aan die skadukant geleë is, moet bladwisselede bome hê. Sypaadjies kan met water natgegooi word om verligting van die hitte deur verdampingsverkoeling te bring. Die blootgestelde areas moet beperk word. Die woonkamers moet so geplaas word dat die ekwatoriale son in die winter gebruik kan word vir hitte-opname.

Geboudop: Hoë interne massa beperk groot temperatuurskommeling. Swaar eksterne mure veroorsaak 'n fasevertraging van 16 uur. Gebruik materiaal met hoë termiese kapasiteit. Die vloere moet 'n harde afwerking hê.

Sonbeheer: Soninvalshoek moet van so 'n aard wees dat die son in die somer afgeskerm en in die winter ingelaat word. Noordvensters moet 17% van die vloeroppervlakte wees.

Ventilasie: 'n Binnenshuise lugspoed van 1,5 m/s is in die somer nodig, let wel dat dit binnenshuise lugspoed is en nie ventilasie nie, want natuurlike ventilasie word verky deur die vensters oop te maak, wat toestande ondraaglik kan maak. Daar sal soggens 'n koel luggie wees, maar later sal die temperatuur binne die huis net so hoog as buite wees, of selfs warmer.

Bestuur: Nagventilasie kan in die somer gebruik word. Hortjies moet op somersdae en winternagte toegemaak word.

Sisteme: Gebruik hoë termiese massa, maar nie as die gemiddelde temperatuur hoog is nie, want dan sal dit nie effektief wees nie.

3.4 Woestyn

Hierdie streek strek oor die Noordelike Kaapprovinsie. Die reënval kom in die somer voor, maar is wisselvallig. Dit beloop gemiddeld omtrent 250 mm per jaar in die binneland en verminder na die weskus toe na ongeveer 50 mm. Daar kom groot daaglikse en seisoenale temperatuur-skommeling voor. Die gemiddelde daaglikse maksimumtemperatuur in Januarie is 35 °C en in Julie 18 °C, maar uiterstes van 46 °C en 32 °C is al bereik. Somerwinde is hoofsaaklik suidwestelik en winterwinde kom uit 'n noordelike rigting. Stofstorms kom ook in hierdie gebied voor. Die sonskynduur is baie hoog, omdat daar byna geen wolkbedekking is nie. Die gemiddelde maandelikse humiditeitsvlak is 55%, wat nie te hoog is nie.

Ontwerpnorme

Beplanning: Stedelike uitleg moet kompak wees met geboue wat mekaar in die somer teen die son beskut. Fontejntjies is wenslik vir die verligting van hitte en die opvang van stof. Bome wat groot skaduwees gooi. Huise kan rondom 'n binnehof gebou word met klein openinge in die eksterne mure en groter vensters na die binnehof. Beperk die grootte van die eksterne oppervlaktes, maar die grootste sye moet na noord en suid gerig wees. Woonkamers moet in die rigting van die binnehof wees.

Geboudop: Dakke en mure moet 'n hoë termiese kapasiteit hê. Isolاسie is onnodig. Oppervlakke moet lig gekleur wees om hitte te reflekteer en blink metaaloppervlakke moet vermy word.

Sonbeheer: Soninvalshoek moet van so 'n aard wees dat die son in die somer afgeskerm en in die winter ingelaat word. Dakke, mure en eksterne oppervlaktes moet in die skaduwee wees. Gebruik geboue, bome of ander skadumeganismes. Noordvensters moet 22% van die vloeroppervlakte wees.

Ventilasie: Nagventilasie moet gebruik word om opgegaarde hitte in die somer te verwyder.

Bestuur: Openinge moet toegemaak word en in die skadu wees gedurende somersdae en dit moet snags vir ventilasie oopgemaak word. Eksterne vensterhortjies kan toegemaak word op somersdae as daar niemand binne die huis is nie, en snags oopgemaak word.

Sisteme: Direkte verdampingsverkoeling is slegs vir die helfte van die oorverhitte periode en indirekte effektief verdampingsverkoeling oor die hele periode. Gebruik eerder termiese massa om dieselfde effek te verkry. Meganiese nagventilering is nodig as daar nie effektiewe natuurlike kruisventilering bestaan nie.

3.5 Noordelike Steppe

Dit is 'n dorre gebied met duidelike onderskeid tussen die droë en die reënseisoen. Die dae is baie warm en die nagte is koel. Reënval is afkomstig van donderstorms en buie. Daar is groot daaglikse en seisoenale skommeling in lugtemperatuur. Die gemiddelde daaglikse temperatuur in Januarie lê tussen 30 en 33 °C en in Julie is dit omtrent 17 °C terwyl uiterstes van onderskeidelik 41 °C en 28 °C bereik kan word. Noordelike winde kom in die somer en die winter voor. Sonskynduur is hoog, maar nie so erg soos in die woestyng gebied nie. Die gemiddelde maandelikse humiditeit is 53%.

Ontwerpnorme

Beplanning: Medium digte geboue met bome redelik naby aan mekaar. Beperkte eksterne blootstelling in die winter, met goeie insolasie en hitte-opname.

Geboudop: Termiese massa is effektief vir verhitting in die onderverhitte periode en vir die beperking van temperatuurskommeling in die binneland. Swaar mure en vloere en interne afskortings kan gebruik word. Beperk hitte-opname deur lig gekleurde eksterne oppervlakke. Gebruik afdakke of priële vir skaduwee.

Sonbeheer: Soninvalshoek moet van so 'n aard wees dat die son in die somer afgeskerm en in die winter ingelaat word. Noordvensters moet 21% van die vloeroppervlakte wees.

Ventilasie: Nagventilasie, tesame met termiese massa. Natuurlike ventilasie is voldoende vir afkoeling op somersdae. Dakwaaiers met 'n spoed van 1 m/s kan ook gebruik word.

Bestuur: Openinge moet in die somer toegemaak en in die skadu wees en snags oop wees vir ventilasie.

Sisteme: Indirekte verdampingsverkoeling beheer die hele oorverhitte periode. Meganiese nagventilering is nodig as daar nie effektiewe natuurlike kruisventilering bestaan nie.

3.6 Suidelike Steppe

Dit is 'n dorre gebied met 'n duidelike onderskeid tussen die droë en reënseisoen. Die dae is baie warm en die nagte is koel. Reënval is afkomstig van donderstorms en buie. Daar is groot daaglikse en seisoenale skommeling in lugtemperatuur. Die gemiddelde daaglikse temperatuur in Januarie lê tussen 30 en 33 °C en in Julie is dit omtrent 17 °C, terwyl uiterstes

van onderskeidelik 41°C en 28°C bereik kan word. In die somer oorheers die noord-noordwestelike winde en in die winter kom noordelike winde voor, wat somtyds koud is as gevolg van sneeu op die berge in die ooste. Die gemiddelde maandelikse humiditeit is 55%, wat onaanvaarbaar is.

Ontwerpnorme

Beplanning: Moeilike klimaat om voor te beplan as gevolg van botsende behoeftes. Beperkte eksterne blootstelling in die winter, met goeie isolasie en hitte-opname.

Geboudop: Termiese massa is effektief vir verligting tydens die helfte van die winter en die hele somer; dit beperk temperatuurskommelings in die binneland deur die gebruik van groot vloere en interne afskortings. Beskermd eksterne isolasie en bladwisselende plante verskaf die beste resultate.

Sonbeheer: Soninvalshoek moet van so 'n aard wees dat die son in die somer afgeskerm en in die winter ingelaat word.

Ventilasie: Nagventilasie is effektief vir die hele oorverhitte periode.

Bestuur: Geen volvloermatte en houtpanele teen die mure nie. Gebruik plante om die klimaat te verbeter.

Sisteme: Direkte verdampingsverkoeling is effektief vir die hele oorverhitte periode. Gebruik hittepompe as passiewe ontwerp nie genoeg is nie.

3.7 Suidoostelike kus

Hierdie streek stem baie ooreen met die mediterreense streek, naamlik dat dit gematig tot warm en vogtig is, maar daar is 'n duidelike somerreënseisoen. Die gemiddelde daaglikse maksimum temperatuur is in die omgewing van 28 °C in Januarie en 21 °C in Julie, maar uiterste temperature is so hoog as onderskeidelik 43 °C en 34 °C as gevolg van warm bergwinde. Winde is noordoos en suidwes, maar hoofsaaklik oos-noordoos in die somer. Winde is wes en noordwes, maar noord-noordwestelike winde oorheers. Die streek het 'n hoë gemiddelde maandelikse humiditeit van 70%, wat ondraaglik kan raak wanneer dit tegelyk met hoë temperatuur voorkom.

Ontwerpnorme

Beplanning: Uitleg moet 'n koel seebries in die somer toelaat. Plaas 'n buffer aan die westekant ter beskerming teen die klimaat. Dakoorhange is nodig teen die reën.

Geboudop: Termiese massa verlig die onder- en oorverhitte periodes, maar is 'n risiko by hoë gemiddelde temperature. 'n Swaar dak, of andersins is ligte isolasie nodig. Materiaal moet bestand wees teen die kusklimaat.

Sonbeheer: Soninvalshoek moet van so 'n aard wees dat die son in die somer afgeskerm en in die winter ingelaat word. Vensters moet 10,6% van die vloeroppervlakte wees om effektief te wees vir die onderverhitte periode.

Ventilasie: Ventilasio beheer die oorverhitte periode, maar is onnodig as termiese massa gebruik word. Let wel dat natuurlike ventilasio die toestand binnenshuis kan vererger; daarom is lugbeweging binne die huis 'n beter opsie.

Bestuur: Verhoed hitteverlies in die winter deur gordyne, blindings en hortjies snags toe te maak.

Sisteme: Dakwaaiers kan vir warm vogtige somermaande gebruik word.

3.8 Subtrophe

Dit is 'n kusgebied en een van die waterrykste dele van Suid-Afrika. Kenmerkend van hierdie gebied is die hoë temperatuur en die hoë vlak van humiditeit. Die gemiddelde jaarlikse reënval wissel tussen 760mm in die noordelike binneland tot 1 250 mm oor dele van die kus en teen die binnelandse berge. Daaglikse temperatuurkommeling is klein, en winters is ook warm. Die gemiddelde daaglikse maksimum temperatuur strek van ongeveer 28 °C in Januarie tot 22 °C in Julie, maar uiterstes van onderskeidelik 43 °C en 34 °C kan bereik word. Die heersende windrigting is suidoos en noordoos in die somer en suidwes in die winter. Bewolkte weer tydens die somermaande verminder die sonskynduur tot 45% van die moontlike, terwyl die persentasie in die winter omtrent 70 is. Die gemiddelde maandelikse humiditeit is 70%, wat baie ongemaklik kan wees as dit met hoë temperatuur saamval.

Ontwerpnorme

Beplanning: Geboue moet los van mekaar staan om lugbeweging toe te laat. 'n Smal huis met kamers aan slegs een kant van die stoep of gang vir kruisventilasie, en die noord-suid-kante moet die langste wees. Onbewoonde kamers moet as buffer aan die westekant gebruik word: die ander kamers moet in die lengte van die plan loop om kruisventilasie te fasiliteer. Beskerm ligte mure teen reën deur middel van afdakke.

Geboudop: Ligte mure en dakke. Termiese massa is nie effektief nie, omdat die gemiddelde temperatuur te hoog is. Geboue teen hellings verbeter ventilasio. Mure moet afgeskerm word. Dakruimtes kan ook vir ventilasio gebruik word. Dakke en mure moet weerskaatsend wees om hitte-opname te beperk, maar nie van blink metaal nie.

Sonbeheer: Soninvalshoek moet van so 'n aard wees dat son in die somer afgeskerm en in die winter ingelaat word. Noordvensters moet 16% van die vloeroppervlakte wees om effektief te wees vir die onderverhitte periode. Mure en openinge moet in die skadu wees. Maak dikwels gebruik van afdakke.

Ventilasie: Geen vensters in oostelike en westelike mure nie, maar ander mure moet die maksimum wind deurlaat. Nagventilasie het geen voordelige effek nie. Groot openinge vir ventilasie, en lug moet nie oor warm eksterne oppervlaktes (mure, dakke, plaveisel) waai nie. Maak gebruik van reflektiewe boonste dakoppervlakke (nie aluminium nie, want dit straal nie hitte uit nie) en geventileerde dakruimtes. In hierdie gebied is muskiete dalk 'n probleem en word muskietgaas voor die vensters gebruik wat egter die lugspoed met die helfte kan verminder. Daarom word aanbeveel dat die stoep met muskietgaas toegemaak word, sodat ventilasie vryelik kan plaasvind of as die ventsters met muskietgaas bedek word, moet die vensteroppervlakte groter wees as die normale.

Bestuur: Verhoed hitteverlies in die winter deur gordyne, blindings en hortjies snags toe te maak. Luginbeweging is in die somer nodig.

Sisteme: Verdampingsverkoeling sal slegs meer ongemak veroorsaak. Meganiese ventilasie kan gebruik word om die nodige luginbeweging te verkry as natuurlike ventilasie nie gebruik kan word nie.

3.9 Natalse Hoogland/ Drakensbergstreek

Die klimaat stem baie ooreen met die van die Suidoostelike kus behalwe dat, as gevolg van die hoogte bo seevlak en die afstand van die kus af, daar groter daaglikse en seisoenale temperatuurkommelings voorkom. Die somers is warm en droog met koeler nagte en die winters is koud, maar nie so koud as in die binneland nie. Dit is 'n streek met hoë reënval in die winter. Sneeu kom dikwels op die berge voor. Die gemiddelde daaglikse maksimum temperatuur strek van ongeveer 27 °C in Januarie tot 19 °C in Julie, maar uiterstes van onderskeidelik 40 °C en 30 °C kan bereik word. In die somer is die wind hoofsaaklik vanuit 'n suidoostelike rigting, en in die winter vanuit 'n noordwestelike rigting. Sonskynduur wissel van 50-60% van die moontlike in die somer en is ongeveer 80% van die moontlike in die winter. Relatiewe humiditeit (RH) is selde onder 50% en kan dus by tye ongemaklik raak.

Ontwerpnorme

Beplanning: Oop stede. Dit is moeilik om passiewe ontwerp in hierdie klimaat te gebruik. Die oos-wes-aansig moet die langste wees, en 'n windspoed van 1,5 m/s is in die huis nodig. Huise moet lig in die somer en swaar in die winter wees. Beskerming teen reën is nodig.

Geboudop: 'n Hoë termiese massa sal slegs tydens 'n gedeelte van die somer die oorverhittingsprobleem oplos. 'n Termiese effektiwiteit van 70% is nodig. Die vloer, muur en plafon moet van swaar boumateriaal gemaak word.

Sonbeheer: Soninvalshoek moet van so 'n aard wees dat die son in die somer afgeskerm en in die winter ingelaat word. Noordvensters moet 20% van die vloeroppervlakte wees om vir die onderverhitte periode effektief te wees.

Bestuur: Hitte-indringing moet tot die minimum beperk word deur isolasie, en die lugbeweging binne die huis moet in die somer beheer word.

Sisteme: Verdampingsverkoeling is nie effektief nie. 'n Hittepomp sal die oorverhitting en afkoeling beperk, dit wil sê goeie isolasie en verminderde interne termiese massa is nodig.

3.10 Laeveld

Die klimaat word gekenmerk deur hoë temperatuur en 'n hoë humiditeitsvlak. Dit is 'n somerreënvalgebied met baie dae van reën aan die platorand. Die daaglikse temperatuur-skommelings is klein en die winters is warm. Die gemiddelde daaglikse maksimum temperatuur strek van ongeveer 30 °C in Januarie tot 23 °C in Julie, maar uiterstes van onderskeidelik 43 °C en 35 °C kan bereik word. Somer- en winterwinde is uit die noorde. In die winter is die lug gewoonlik skoon en die sonskynduur is omtrent 70% van die moontlike, terwyl dit slegs 50% van die moontlike in die somer is. Die gemiddelde relatiewe humiditeit is 47%, wat draaglik is.

Ontwerpnorme

Bepanning: Kompakte stedelike uitleg. Bou rondom 'n binnehof. Die kombuis moet in die somer na buite ventileer. Slaapkamers moet 'n lae massa hê. Die huis het beskerming teen reën nodig.

Geboudop: Termiese massa is nie effektief nie. Met genoeg massa in die dak en mure is geen isolasie nodig nie. Eksterne en interne mure moet in ligte kleure wees.

Sonbeheer: Soninvalshoek moet van so 'n aard wees dat die son in die somer afgeskerm en in die winter ingelaat word. Vensters moet 19,4% van die vloeroppervlakte wees om effektief te wees tydens die onderverhitte periode.

Ventilasie: Nagventilasie het geen effek nie, want die huis sal nie afkoel nie en dieselfde temperatuur as die buitelug behou. Binnenshuise lugbeweging is egter tydens die oorverhitte periode nodig.

Bestuur: Openinge moet op somersdae toe en in die skadu wees, maar snags oop om ventilasie toe te laat.

Sisteme: Indirekte verdampingsverkoeling verlig die oorverhitte periode. Lugverkoeling word aanbeveel, omdat dit die humiditeitsvlak in die somer sal verlaag. Meganiese ventilasie kan dalk nodig wees om die regte lugspoed te verkry.

3.11 Hoëveld

Dit is 'n streek met 'n definitiewe onderskeid tussen die droë en die reënseisoen. Reënval kom hoofsaaklik in die somer voor. Hierdie streek het die hoogste haelvoorkoms in Suid-Afrika. Daar is groot daaglikse temperatuurskommelings. Die gemiddelde daaglikse maksimum temperatuur is naastebly 27 °C in Januarie en 17 °C in Julie, maar in uiterste

gevalle kan dit onderskeidelik tot 38 °C en 26 °C styg. Oor die algemeen is die winde lig, behalwe vir kort tye tydens donderstorms. Winde is hoofsaaklik noordoos in die somer en noordwes in die winter, maar suidwestelike winde kom ook voor. Sonskynduur is in die somer omtrent 60% van die moontlike en in die winter omtrent 80% van die moontlike. Die gemiddelde maandelikse relatiewe humiditeit is 56%, wat net ongemaklik kan begin word.

Ontwerpnorme

Beplanning: Kompakte stedelike uitleg. Winter- en somervereistes vir die plan van die huis verskil. In die winter sal 'n huis met beperkte blootstelling van die eksterne oppervlaktes, maar met goeie isolering en hitte-opname verkies word. Beskerm die ingange teen reën.

Geboudop: Termiese massa word in die binneland aanbeveel, omdat dit temperatuur-skommelings beperk. Gebruik swaar vloere en interne afskortings. Ligte dakisolasië is nodig. Eksterne oppervlakte moet 'n ligte kleur hê of weerkaatsend wees om hitte-opname te beperk.

Sonbeheer: Soninvalshoek moet van so 'n aard wees dat die son in die somer afgeskerm en in die winter ingelaat word. Noordvensters moet 19,2% van die vloeroppervlakte wees om effektief te wees vir die onderverhitte periode.

Ventilasie: Ventilasië kan oorverhitting verlig, maar is onnodig as daar van termiese massa gebruik gemaak word. Nagventilasie kan gebruik word om massa aan te vul.

Bestuur: Maak vensters oop as nagventilasie kan plaasvind.

Sisteme: Direkte verdampingsverkoeling kan gebruik word, maar is onnodig as daar van termiese massa gebruik gemaak word.

3.12 Noord-Transvaal

Die klimaat is halfdor en baie warm in die Limpopo en Olifantsrivierbekken, maar vogtiger en ietwat koeler op die Waterberg-plato en die Soutpansberg. Reënval is hoofsaaklik afkomstig van donderstorms wat in die somer voorkom. Daar is 'n groot verskil tussen dag- en -nagtemperatuur. Die gemiddelde daaglikse maksimum temperatuur is naastebly 32 °C in Januarie en 22 °C in Julie, maar in uiterste gevalle kan dit onderskeidelik tot 42 °C en 31 °C styg. Winter en somerwinde kom hoofsaaklik uit 'n noordoostelike rigting. Die duur van helder sonskyn oorskry 80% van die moontlike in die midwinter en 60% van die moontlike sonskynduur in die somer. Die gemiddelde maandelikse relatiewe humiditeit is 59% wat al problematies kan wees.

Ontwerpnorme

Beplanning: Suidekante van strate moet bome hê vir beskerming teen die son. Winter- en somervereistes vir die plan van die huis verskil. In die winter sal 'n huis met beperkte blootstelling van die eksterne oppervlakte, goeie isolasië en hitte-opname verkies word. Plaas buffersones aan die weste- en suidekante. Beskerm ingange teen reën.

Geboudop: Termiese massa is geskik vir die helfte van die onderverhitte periode en die hele oorverhitte periode. Termiese massa word in die binneland aanbeveel, omdat dit temperatuurkommeling beperk. Gebruik swaar vloere, dakke en interne afskortings. In hierdie omstandighede sal dit slegs lig geïsoleerde dakke nodig wees. Die eksterne oppervlakte moet lig gekleur wees.

Sonbeheer: Soninvalshoek moet van so 'n aard wees dat die son in die somer afgeskerm en in die winter ingelaat word. Die vensters moet 21,2% van die vloeroppervlakte wees om vir die onderverhitte periode effektief te wees.

Ventilasie: Ventilasio kan oorverhitting verlig. Nagventilasie kan gebruik word om massa aan te vul.

Bestuur: Vensters kan oopgemaak word as daar genoeg ventilasie is.

Sisteme: Direkte verdampingsverkoeling kan die meeste van die tyd gebruik word. Daar kan dalk meganiese ventilasie nodig wees om die nodige lugspoed te verkry.

3.13 Opsomming

Die meeste van die klimaatstreke is uniek en verskil ten opsigte van temperatuuruiters, humiditeit, wind, reënval en wolkbedekking, behalwe die Noordelike en Suidelike Steppe wat baie ooreenstem. Dit blyk dat die verskille tussen die klimaatstreke verskillende ontwerpnorme regverdig om die binneklimate naby of by die gemaksones te hou.

4. Berekening van gewenste dT en die maksimum toelaatbare behaaglike amplitudeverhouding vir somer- en wintertoestande in die verskillende klimaatstreke (Szokolay 1986:172)

Somer verwys na die gemiddelde temperatuur van die warmste drie maande, naamlik Desember, Januarie en Februarie

Winter verwys na die gemiddelde temperatuur van die koudste drie maande, naamlik Junie, Julie en Augustus

Die maksimum maandelikse behaaglikheidsamplitude is 3,5 K

Die maksimum jaarlikse behaaglikheidsamplitude is 4 K

Die maandelikse maksimum binnenshuise behaaglikheidsamplitude word van die psigometriese grafiek afgelees.

T_n/θ_{ias} = gemiddelde binnenshuise droëbolgemaklikheidstemperatuur vir winter of somer met 'n limietwaarde van $17,8 < T_n < 29,5$ °C

T_a/θ_{oas} = gemiddelde buite droëboltemperatuur vir winter of somer

$\Delta\theta_s$ = somer-dT

$\Delta\theta_w$ = winter-dT

α_{os} = amplitude vir somerbuitetemperatuur

α_{ow} = amplitude vir winterbuitetemperatuur

α_{is} = amplitude vir somerbinnetemperatuur

α_{iw} = amplitude vir winterbinnetemperatuur

4.1 Mediterreense klimaat (Kaapstad)

$$\begin{aligned}\Delta\theta_s &= \theta_{ias} - \theta_{oas} \\ &= 24,11 - 21,0 \\ &= 3,11 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{as} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 21,0 \\ &= 24,11 \text{ °C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\theta_w &= \theta_{iaw} - \theta_{oaw} \\ &= 21,38 - 12,2 \\ &= 9,18 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{aw} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 12,2 \\ &= 21,38 \text{ °C}\end{aligned}$$

Buite-amplitude

$$\begin{aligned}\alpha_{os} &= T_{maks} - T_{min} \\ &= 26,5 - 15,6 \\ &= 10,9 \text{ K}\end{aligned}$$

Binnenshuise behaaglikheidsamplitude

$$\alpha_{is} = 3,5/4 \times 3,7 = 3,24 \text{ K}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{ow} &= T_{\text{maks}} - T_{\text{min}} \\ &= 17,5 - 7 \\ &= 10,5 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\alpha_{iw} = 3,5/4 \times 4,6 = 4,03 \text{ K}$$

maksimum somerbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,24/10,9 = 0,30$

maksimum winterbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 4,03/10,5 = 0,38$

4.2 Tuinroete (George)

$$\begin{aligned}\Delta\theta_s &= \theta_{ias} - \theta_{oas} \\ &= 23,77 - 19,9 \\ &= 3,87 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{as} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 19,9 \\ &= 23,77 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\theta_w &= \theta_{iaw} - \theta_{oaw} \\ &= 21,6 - 12,9 \\ &= 8,70 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{aw} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 12,9 \\ &= 21,6 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Buite-amplitude

$$\begin{aligned}\alpha_{os} &= T_{\text{maks}} - T_{\text{min}} \\ &= 9,4 \text{ K}\end{aligned}$$

Binnenshuise behaaglikheidsamplitude

$$\alpha_{is} = 3,06 \text{ K}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{ow} &= T_{\text{maks}} - T_{\text{min}} \\ &= 11,3 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\alpha_{iw} = 3,5 \text{ K}$$

maksimum somerbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,06/9,4 = 0,33$

maksimum winterbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,5/11,3 = 0,31$

4.3 Halfwoestyn (Beaufort-Wes)

$$\begin{aligned}\Delta\theta_s &= \theta_{ias} - \theta_{oas} \\ &= 25,07 - 24,1 \\ &= 0,97 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{as} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 24,1 \\ &= 25,07 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\theta_w &= \theta_{iaw} - \theta_{oaw} \\ &= 21,13 - 11,4 \\ &= 9,73 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{aw} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 11,4 \\ &= 21,13 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Buite-amplitude

$$\begin{aligned}\alpha_{os} &= T_{\text{maks}} - T_{\text{min}} \\ &= 16,5 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{ow} &= T_{\text{maks}} - T_{\text{min}} \\ &= 14,1 \text{ K}\end{aligned}$$

maksimum somerbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,5/16,5 = 0,21$

maksimum winterbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,94/14,1 = 0,28$

Binnenshuise behaaglikheidsamplitude

$$\alpha_{is} = 3,5 \text{ K}$$

$$\alpha_{iw} = 3,94 \text{ K}$$

4.4 Woestyn (Upington)

$$\begin{aligned}\Delta\theta_s &= \theta_{ias} - \theta_{oas} \\ &= 25,60 - 25,8 \\ &= -0,20 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\theta_w &= \theta_{iaw} - \theta_{oaw} \\ &= 21,07 - 11,2 \\ &= 9,87 \text{ K}\end{aligned}$$

Buite-amplitude

$$\begin{aligned}\alpha_{os} &= T_{\text{maks}} - T_{\text{min}} \\ &= 16,9 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{ow} &= T_{\text{maks}} - T_{\text{min}} \\ &= 19,1 \text{ K}\end{aligned}$$

maksimum somerbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,06/16,9 = 0,18$

maksimum winterbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 4,11/19,1 = 0,22$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{as} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 25,8 \\ &= 25,60 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{aw} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 11,2 \\ &= 21,07 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Binnenshuise behaaglikheidsamplitude

$$\alpha_{is} = 3,06 \text{ K}$$

$$\alpha_{iw} = 4,11 \text{ K}$$

4.5 Noordelike steppe (Mmabatho)

$$\begin{aligned}\Delta\theta_s &= \theta_{ias} - \theta_{oas} \\ &= 25,07 - 24,1 \\ &= 0,97 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{as} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 24,1 \\ &= 25,07 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\theta_w &= \theta_{iaw} - \theta_{oaw} \\ &= 21,23 - 11,7 \\ &= 9,52 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{aw} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 11,7 \\ &= 21,23 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Buite-amplitude

$$\begin{aligned}\alpha_{os} &= T_{maks} - T_{min} \\ &= 13,2 \text{ K} \\ \alpha_{ow} &= T_{maks} - T_{min} \\ &= 16,1 \text{ K}\end{aligned}$$

Binnenshuise behaaglikheidsamplitude

$$\begin{aligned}\alpha_{is} &= 3,24 \text{ K} \\ \alpha_{iw} &= 3,41 \text{ K}\end{aligned}$$

maksimum somerbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,24/13,2 = 0,25$

maksimum winterbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,41/16,1 = 0,21$

4.6 Suidelike steppe (Bloemfontein)

$$\begin{aligned}\Delta\theta_s &= \theta_{ias} - \theta_{oas} \\ &= 24,73 - 23,0 \\ &= 1,73 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{as} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 23,0 \\ &= 24,73 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\theta_w &= \theta_{iaw} - \theta_{oaw} \\ &= 19,99 - 7,7 \\ &= 12,29 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{aw} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 7,7 \\ &= 19,99 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Buite-amplitude

$$\begin{aligned}\alpha_{os} &= T_{maks} - T_{min} \\ &= 15,4 \text{ K}\end{aligned}$$

Binnenshuise behaaglikheidsamplitude

$$\alpha_{is} = 3,76 \text{ K}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{ow} &= T_{maks} - T_{min} \\ &= 19,4 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\alpha_{iw} = 4,20 \text{ K}$$

maksimum somerbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,76/15,4 = 0,24$

maksimum winterbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 4,20/19,4 = 0,22$

4.7 Suidoos-kus (Oos Londen)

$$\begin{aligned}\Delta\theta_s &= \theta_{ias} - \theta_{oas} \\ &= 24,33 - 21,7 \\ &= 2,63 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{as} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 21,7 \\ &= 24,33 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\theta_w &= \theta_{iaw} - \theta_{oaw} \\ &= 22,41 - 15,5 \\ &= 6,91 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{aw} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 15,5 \\ &= 22,41 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Buite-amplitude

$$\begin{aligned}\alpha_{os} &= T_{maks} - T_{min} \\ &= 7,6 \text{ K}\end{aligned}$$

Binnenshuise behaaglikheidsamplitude

$$\alpha_{is} = 2,8 \text{ K}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{ow} &= T_{maks} - T_{min} \\ &= 10,5 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\alpha_{iw} = 4,03 \text{ K}$$

maksimum somerbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 2,8/7,6 = 0,37$

maksimum winterbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 4,03/10,5 = 0,38$

4.8 Subtropie (Louis Botha – Durban)

$$\begin{aligned}\Delta\theta_s &= \theta_{ias} - \theta_{oas} \\ &= 25,23 - 24,6 \\ &= 0,63 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{as} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 24,6 \\ &= 25,23 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\theta_w &= \theta_{iaw} - \theta_{oaw} \\ &= 22,75 - 16,6 \\ &= 6,15 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{aw} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 16,6 \\ &= 22,75 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Buite-amplitude

$$\begin{aligned}\alpha_{os} &= T_{maks} - T_{min} \\ &= 6,9 \text{ K}\end{aligned}$$

Binnenshuise behaaglikheidsamplitude

$$\alpha_{is} = 3,5 \text{ K}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{ow} &= T_{maks} - T_{min} \\ &= 12,1 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\alpha_{iw} = 3,68 \text{ K}$$

maksimum somerbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,5/6,9 = 0,51$

maksimum winterbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,68/12,1 = 0,30$

4.9 Natalse Hoogland (Ladysmith)

$$\begin{aligned}\Delta\theta_s &= \theta_{ias} - \theta_{oas} \\ &= 24,79 - 23,2 \\ &= 1,59 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{as} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 23,2 \\ &= 24,79 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\theta_w &= \theta_{iaw} - \theta_{oaw} \\ &= 21,04 - 11,1 \\ &= 9,94 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{aw} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 11,1 \\ &= 21,04 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Buite-amplitude

$$\begin{aligned}\alpha_{os} &= T_{maks} - T_{min} \\ &= 12,7 \text{ K}\end{aligned}$$

Binnenshuise behaaglikheidsamplitude

$$\alpha_{is} = 1,75 \text{ K}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{ow} &= T_{maks} - T_{min} \\ &= 18,2 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\alpha_{iw} = 3,5 \text{ K}$$

maksimum somerbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 1,75/12,7 = 0,14$

maksimum winterbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,5/18,2 = 0,19$

4.10 Laeveld (Phalaborwa)

$$\begin{aligned}\Delta\theta_s &= \theta_{ias} - \theta_{oas} \\ &= 25,75 - 26,3 \\ &= -0,55 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{as} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 26,3 \\ &= 25,75 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\theta_w &= \theta_{iaw} - \theta_{oaw} \\ &= 22,96 - 17,3 \\ &= 5,66 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{aw} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 17,3 \\ &= 22,96 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Buite-amplitude

$$\begin{aligned}\alpha_{os} &= T_{maks} - T_{min} \\ &= 11,1 \text{ K}\end{aligned}$$

Binnenshuise behaaglikheidsamplitude

$$\alpha_{is} = 2,45 \text{ K}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{ow} &= T_{\text{maks}} - T_{\text{min}} \\ &= 14,3 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\alpha_{iw} = 3,94 \text{ K}$$

maksimum somerbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 2,45/11,1 = 0,22$

maksimum winterbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,94/14,3 = 0,28$

4.11 Hoëveld (Jan Smuts – Johannesburg)

$$\begin{aligned}\Delta\theta_s &= \theta_{ias} - \theta_{oas} \\ &= 23,86 - 20,2 \\ &= 3,66 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{as} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 20,2 \\ &= 23,86 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta_w &= \theta_{iaw} - \theta_{oaw} \\ &= 20,73 - 10,1 \\ &= 10,63 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{aw} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 10,1 \\ &= 20,73 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Buite-amplitude

$$\begin{aligned}\alpha_{os} &= T_{\text{maks}} - T_{\text{min}} \\ &= 10,9 \text{ K}\end{aligned}$$

Binnenshuise behaaglikheidsamplitude

$$\alpha_{is} = 3,33 \text{ K}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{ow} &= T_{\text{maks}} - T_{\text{min}} \\ &= 11,9 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\alpha_{iw} = 4,29 \text{ K}$$

maksimum somerbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,33/10,9 = 0,31$

maksimum winterbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 4,29/11,9 = 0,36$

4.12 Noord-Transvaal (Pretoria)

$$\begin{aligned}\Delta\theta_s &= \theta_{ias} - \theta_{oas} \\ &= 24,73 - 23,00 \\ &= 1,73 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{as} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 23,00 \\ &= 24,73 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta\theta_w &= \theta_{iaw} - \theta_{oaw} \\ &= 21,26 - 11,8 \\ &= 9,46 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_n &= 17,6 + 0,31 \times T_{aw} \\ &= 17,6 + 0,31 \times 11,8 \\ &= 21,26 \text{ }^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Buite-amplitude

$$\begin{aligned}\alpha_{os} &= T_{\text{maks}} - T_{\text{min}} \\ &= 11,1 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_{ow} &= T_{\text{maks}} - T_{\text{min}} \\ &= 14,5 \text{ K}\end{aligned}$$

Binnenshuise behaaglikheidsamplitude

$$\alpha_{is} = 3,85 \text{ K}$$

$$\alpha_{iw} = 4,38 \text{ K}$$

maksimum somerbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 3,85/11,1 = 0,35$

maksimum winterbehaaglikheidsamplitudeverhouding: $\alpha_i/\alpha_e = 4,38/14,5 = 0,30$

5 Ontwikkeling van die databasis vir gebruik met die Geografiese Inligtingstelsel

5.1 Geografiese datamodel

5.1.1 Tipe model: Raster

5.1.2 Weerstasies vir elke 1°

Kategorieë	Kleiner as gewenste dT	
	Groter as gewenste dT	
	Gelyk aan gewenste dT	
	Kleiner as die maks amplitudeverhouding	
	Groter as die maks amplitudeverhouding,	
	Gelyk aan die maks amplitudeverhouding	
Geografiese voorstelling	punte	
Geografiese akkuraatheid	100 m	
Unieke identifiseerder	Weerstasie no	8 karakters
	Klimaatstreek	2 karakters

5.1.3 Geografiese datatabel

Unieke identifiseerder	Kleiner as gew. dT	Groter as gew. dT	Gelyk aan gew. dT	Kleiner as maks amplverh	Groter as maks amplverh	Gelyk aan maks amplverh

5.2 Kenmerke datamodel

Buiteklimaat	Binneklimaat
Januarie minimumtemperatuur (nr.)	Tn somer (nr.)
Januarie maksimumtemperatuur (nr.)	Tn winter (nr.)
somer buite-amplitude (nr.)	maksimum binnenshuise someramplitude (nr.)
Ta = Januarie gemiddelde temperatuur (nr.)	maksimum binnenshuise winteramplitude (nr.)
Julie minimumtemperatuur (nr.)	
Julie maksimumtemperatuur (nr.)	
winter buite-amplitude (nr.)	
Ta = Julie gemiddelde temperatuur (nr.)	

5.2.1 Berekeninge

dT somer (teks)

dT winter (teks)

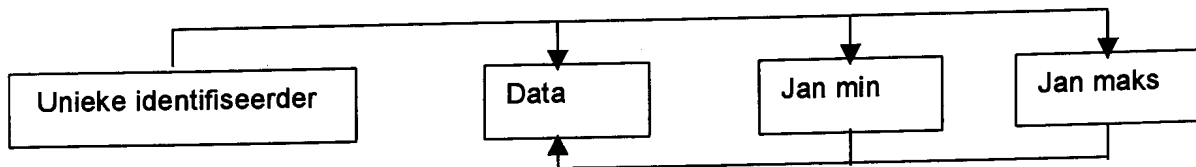
maksimum toelaatbare someramplitudeverhouding (teks)

maksimum toelaatbare winteramplitudeverhouding (teks)

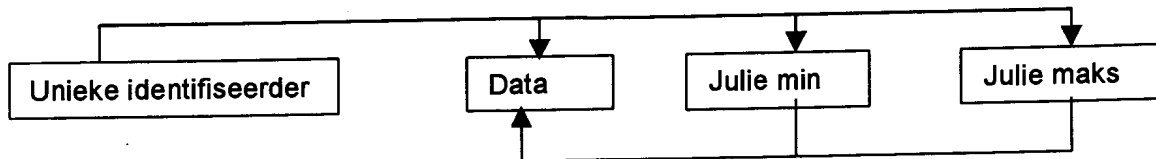
5.2.2 Ontwerpnorme

- (teks)

Buitenshuise someramplitude



Buitenshuise winteramplitude



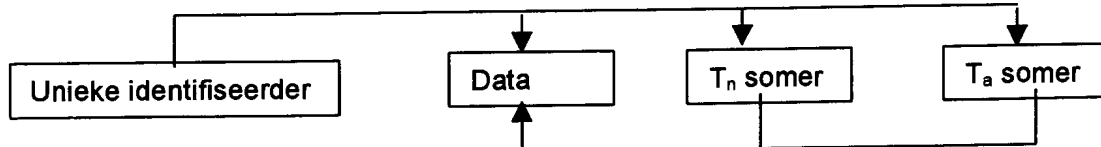
Gewenste binnenshuise someramplitude



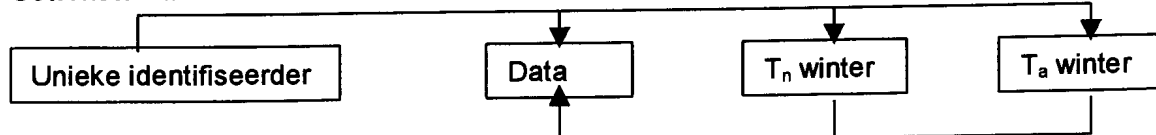
Maks binnenshuise winteramplitude



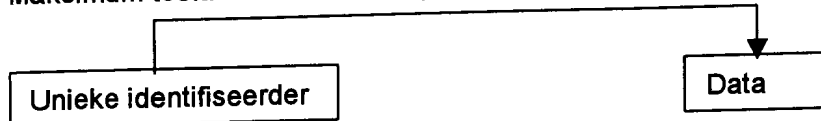
Gewenste somer-dT



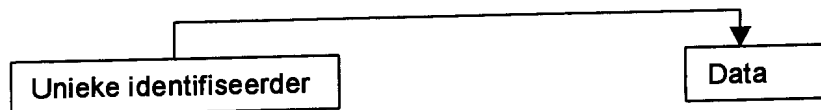
Gewenste winter-dT



Maksimum toelaatbare someramplitudeverhouding



Maksimum toelaatbare winteramplitudeverhouding



5.2.3 Normalisasie

Eerste Normale Vorm

- a) Die volgende groepe herhaal mekaar: Geen
- b) Data - in tabelleformaat
- c) Primêre karakter – Unieke identifiseerder beskryf by geografiese datamodel
- d) Gedeeltelike afhanklikheid:
 - Januarie se minimum en maksimum temperature word gebruik om die someramplitude te bereken.
 - Julie se minimum en maksimum temperature word gebruik om die winteramplitude te bereken.
 - T_{a-} en T_{n-} somer word gebruik om die gewenste somer-dT te bereken
 - T_{a-} en T_{n-} winter word gebruik om die gewenste winter-dT te bereken

Tabelnaam: Buitenshuise someramplitude

Unieke id	Data
-----------	------

Tabelnaam: Buitenshuise someramplitude "look up"

Look up id	Jan min	Jan maks
------------	---------	----------

Tabelnaam: Buitenshuise winteramplitude

Unieke id	Data
-----------	------

Tabelnaam: Buitenshuise winteramplitude "look up"

Look up id	Jul min	Jul maks
------------	---------	----------

Tabelnaam: Maksimum binnenshuise someramplitude

Unieke id	Data
-----------	------



Tabelnaam: Maksimum binnenshuise winteramplitude

Unieke id	Data
-----------	------

Tabelnaam: Gewenste somer-dT

Unieke id	Data
-----------	------

Tabelnaam: Somer-dT "Look up"

Look up id	T_n somer	T_a somer
------------	-------------	-------------

Tabelnaam: Gewenste winter-dT

Unieke id	Data
-----------	------

Tabelnaam: Winter-dT "Look up"

Look up id	T_n winter	T_a winter
------------	--------------	--------------

Tabelnaam: Maksimum toelaatbare someramplitudeverhouding

Unieke id	Data
-----------	------

Tabelnaam: Maksimum toelaatbare winteramplitudeverhouding

Unieke id	Data
-----------	------

Tabelnaam: Ontwerpnorme

Unieke id	Data
-----------	------

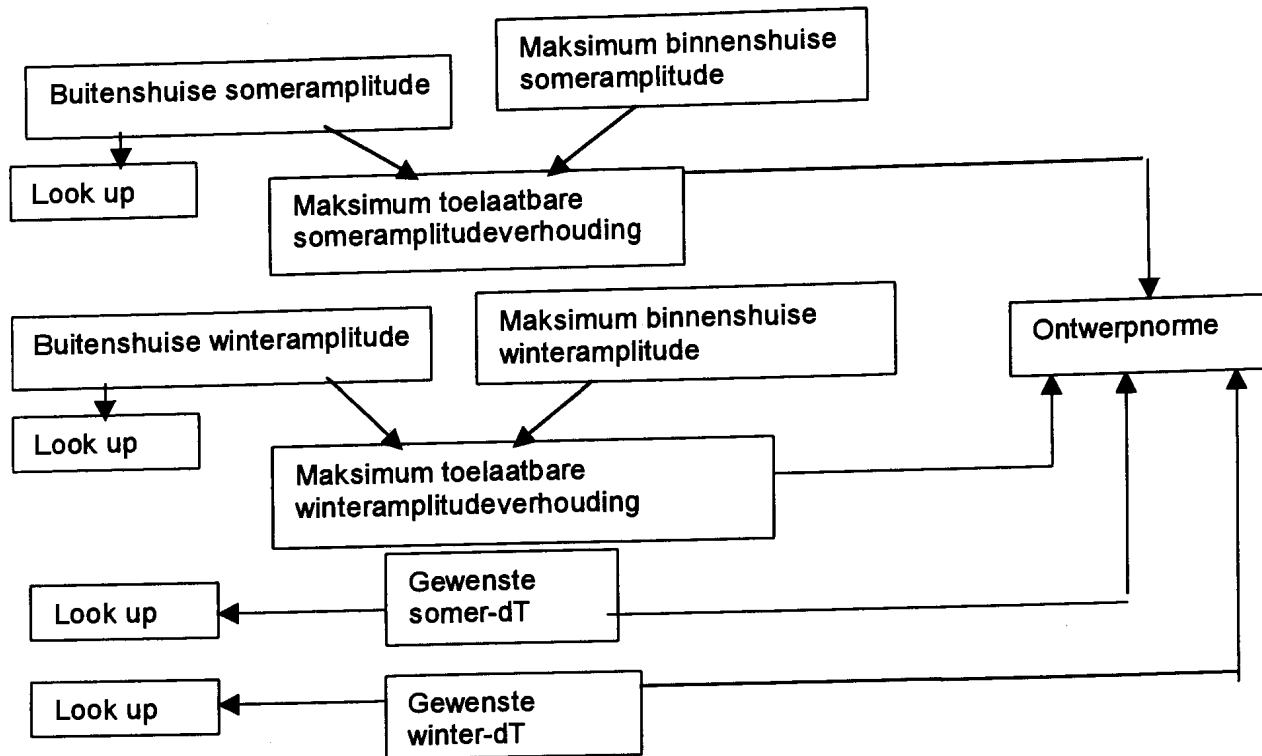
Tweede Normale Vorm

- a) Dit is in 1NV
- b) Daar is geen gedeeltelike afhanklikhede nie

Derde Normale Vorm

- a) Dit is in 2NV
- b) Daar is geen interafhanklikhede nie

5.2.4 Verhoudingskema



5.2.5 Entiteit

Weerstasies/ 'n nommer vir elke 1° op die landkaart

5.2.6 Metadata

Rasterentiteitmodel

BRONNELYS

- AULICIEMS, A. & Szokolay, S.V. 1997. Thermal Comfort. Passive & Low Energy Architecture International Design Tools & Techniques. Brisbane: University of Queensland Department of Architecture
- BAER, S. 1988. How to build a wall. Ongepubliseerde artikel. Beskikbaar by prof. D. Holm. Departement Navorsing en Nagraadse Studie: Skool vir die Bou-omgewing. Pretoria: Universiteit van Pretoria
- BRAGER, G.S. & De Dear, R.J. 1998. Thermal adaptation in the built environment: a literature review. Energy and Buildings, 27:83-96
- BURBERRY, P. 1992. Environment & Services. 7de uitgawe. UK: Longman Scientific & Technical
- CHAPMAN, J.D. 1989. Geography and Energy. New York: John Wiley and Sons
- DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL AFFAIRS AND TOURISM. 1995. Environment South Africa. Department Environmental Affairs and Tourism:34,35
- EASTOP, T.D. & Croft, D.R. 1990. Energy Efficiency for Engineers and Technologist. UK: Longman Group
- EBERHARD, A. & Van Horen, C. 1995. Poverty and Power: Energy and the South African State. Cape Town: UCT Press
- ESKOM. 2000a. Annual report 1999: Key statistics. Internet:
<http://www.eskom.co.za/annreport00/mainframe.htm>. Toegang: 22 November
- ESKOM. 2000b. Environmental report 1999: Sustainability, Statistics. Internet:
<http://www.eskom.co.za/enviroreport99/elecre99.htm>. Toegang: 25 Oktober
- GILDENHUYS, A. Posisie Eskom, 2001 – persoonlike mededeling.
- GIVONI, B. 1992. Comfort, climate analysis and building design guidelines. Energy and Buildings, 18:11-23
- GIVONI, B. 1997. Climate Considerations in Building and Urban Design. United States of America: Van Nostrand Reinhold
- HAMDI, M., Lachiver, G. & Michaud, F. 1999. A new predictive thermal sensation index of human response. Energy and Buildings, 29: 167-178
- HOBBS, J.C.A., Ledger, J.A. & Auditore, T. 1990. The impacts of powerlines on wildlife. Electricity South Africa, Maart/April:43-47
- HODGSON, H. & Lotz, F.J. 1965. Control of thermal environment in buildings. The South African Mechanical Engineer, 14(10):1-8
- HOLM, D. 1976. Energieverbruik en –besparing in woongebiede. Pretoria: Universiteit van Pretoria
- HOLM, D. & Viljoen, R. 1996. Primer for energy conscious design. Pretoria: Department of Minerals and Energy, Directorate Energy for Development

- HOLM, D. 1996. Manual for Energy conscious design. Pretoria: Department of Minerals and Energy, Directorate Energy for Development
- HOLM, D. & Lane, I.E. 1998. The National Domestic Energy Efficiency (NADEE) Task Team. Unpublished Working Document. Pretoria: University of Pretoria
- HOUGHTON, J. 1994. Global Warming. The complete briefing. England: Lion
- HUGO, M.L., Viljoen, A.T. & Meeuwis, J.M. 1997. Ecology of Natural Resource Management : The quest for sustainable living. London: Kagiso
- HUMPHREYS, Michael, A. 1992. Thermal comfort in the context of energy conservation. Roaf, S. & Hancock, M. (Ed's) In: Energy Efficient Building. Oxford: Blackwell Scientific
- INDOOR THERMAL COMFORT CONFERENCE
http://www.esru.strath.ac.uk/courseware/ref_material/concepts/thermal_comfort
Toegang: 5 Oktober
- LEEDY, P.D. 1997. Practical Research: Planning and Design. 6^{de} uitgawe. New Jersey: Prentice Hall
- MALAN, J.G. 1990. Energy management systems at Kempton Park. Electricity South Africa. Jan/Feb:25-31
- MARKUS, T.A. & Morris, E.N. 1980. Buildings, Climate & Energy. London: Pitman
- MEESE, G.B., Kok, R., & Lewis, M.I. 1982. Effects of moderate cold and heat stress on factory workers in Southern Africa. South African Journal of Science, 78:189-197
- NICOL, J.F., Raja I.A., Allaudin, A. & Jamy, G.N. 1999. Climatic variations in comfortable temperature: the Pakistan projects. Energy and Buildings, 30:261-279
- OLGYAY, V. 1992. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. New York: Van Nostrand Reinhold
- SOUTH AFRICA. 1998. White Paper on Environmental Management Policy for South Africa. Staatskoerant No. 18894
- SHEAFFER, J., Brand, R. & Raymond, H. 1980. Whatever happened to Eden? Illinois: Tyndale House
- SPOORMAKER, H.J. 1991. Impact of air-conditioning design and maintenance on sick buildings. Proceedings of the first South African Conference on Indoor Air Quality. 20 May. Midrand: Eskom College
- STEENKAMP, I.L. 1987. 'n Opvoedkundige analiserekenaarprogram vir behuising. MA-verhandeling. Port Elizabeth: Universiteit van Port Elizabeth
- SYMONDS, A. 1990. Eskom's proposed STOD tariff – some considerations. Electricity South Africa, May/June:41-46
- SZOKOLAY, S.V. 1986. Climate analysis based on the psychrometric chart. International Journal of Ambient Energy, 7(4):171-182