

WARMTE- EN KOUDEVRAAGPATRONEN IN DE UTILITEITSBOUW

J.C. Römer
M.J.M. Jong

VERANTWOORDING

Dit rapport is in opdracht van Novem BV tot stand gekomen.
ECN projectnummer: 7.4835
Novem opdrachtnummer: 3452029901
Contactpersoon Novem: ing. R.Ravelli.

INHOUDSOPGAVE

VERANTWOORDING	2
INHOUDSOPGAVE	3
SAMENVATTING	5
DOELSTELLING	6
1 INLEIDING	7
2 WERKWIJZE	9
3 RESULTATEN	13
3.1 Kantoorgebouw	13
3.1.1 Algemene omschrijving gebouw	13
3.1.2 Warmtevraag referentiesituatie	16
3.1.3 Koudevraag referentiesituatie	16
3.1.4 Veranderingen in de warmtevraag	18
3.1.5 Veranderingen in de koudevraag	21
3.1.6 Samenvatting kantoorgebouw	26
3.2 Klinisch gezondheidsgebouw	32
3.2.1 Algemene omschrijving gebouw	32
3.2.2 Veranderingen in de warmtevraag	38
3.2.3 Veranderingen in de koudevraag	41
3.2.4 Samenvatting klinisch gezondheidszorggebouw	46
3.3 Zwembad	51
3.3.1 Algemene omschrijving gebouw	51
3.3.2 Warmtevraag referentiesituatie	55
3.3.3 Veranderingen in de warmtevraag	56
3.3.4 Samenvatting zwembad	59
3.4 Onderwijsgebouw	61
3.4.1 Algemene omschrijving gebouw	61
3.4.2 Referentiesituatie	63
3.4.3 Verandering in de warmtevraag	64
3.4.4 Verandering in de koudevraag	70
3.5 Bijeenkomstgebouw	79
3.5.1 Algemene omschrijving gebouw	79
3.5.2 Veranderingen in de warmtevraag	84
3.5.3 Veranderingen in de koudevraag	87
3.5.4 Samenvatting bijeenkomstgebouw	90
3.6 Sportgebouw	94
3.6.1 Algemene omschrijving gebouw	94
3.6.2 Veranderingen in de warmtevraag	97
3.6.3 Veranderingen in de koudevraag	100
3.6.4 Samenvatting sportgebouw	102
4 BIJLAGEN	107
4.1 DATASHEET: Kantoorgebouw	108
4.1.1 Temperatuur overschrijdingsuren	109
4.1.2 Maandbelastingduurkrommes	110
Jaarbelastingduurkrommes kantoorgebouw tijdens en buiten bedrijfstijd	111
4.2 DATASHEET: Klinisch gezondheidszorggebouw	112
4.2.1 Temperatuur overschrijdingsuren	113
4.2.2 Maandbelastingduurkrommes	114
Jaarbelastingduurkrommes klinisch gezondheidszorggebouw tijdens en buiten bedrijfstijd	115
4.3 DATASHEET: Zwembad	116

4.3.1	Maandbelastingduurkrommes	117
4.3.2	Jaarbelastingduurkrommes zwembad tijdens en buiten bedrijf	118
4.4	DATASHEET: Onderwijsgebouw.	119
4.5	DATASHEET: Bijeenkomstgebouw	126
4.5.1	Temperatuur overschrijdingsuren	127
4.5.2	Maandbelastingduurkrommes	127
4.6	DATASHEET: Sportgebouw	129
4.6.1	Temperatuur overschrijdingsuren	130
4.6.2	Maandbelastingduurkrommes	130
4.6.3	Jaarbelastingduurkrommes sportgebouw tijdens en buiten bedrijfstijd	132
5	OVERZICHT EN CONCLUSIES	133
6	LITERATUUR	145

SAMENVATTING

Binnen het warmtepompen programma van Novem wordt een reeks studies uitgevoerd die tot doel hebben meer inzicht te verkrijgen in de technische en financiële mogelijkheden van de meest perspectiefrijke configuraties van warmtepompen in verschillende categorieën utiliteitsgebouwen. Om tot verdere verdieping van dit inzicht te komen blijkt het thans noodzakelijk meer informatie over de aard van de warmte- en koudevraag in de analyses in te brengen. De warmte- en koudevraag verschilt per utiliteitscategorie. Dit geldt niet alleen ten aanzien van de omvang van de vraag, maar ook ten aanzien van de verdeling van de vraag over dag, maand en jaar. Zowel de omvang van de vraag als de verdeling van de vraag over de verschillende periodes wordt mede bepaald door de energetische kwaliteit van het gebouw. Deze energetische kwaliteit wordt uitgedrukt in de energieprestatie-coëfficiënt (EPC). Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag:

- *Bepaal van gebouwen uit diverse utiliteitssectoren de jaarbelastingduurkromme voor warmte- en koudevraag;*
- *Geef het effect aan van verschillende energievraag veranderende maatregelen op het verloop van de jaarbelastingduurkromme voor warmte- en koudevraag*

De voorliggende studie geeft de resultaten van dit onderzoek.

Het accent ligt op nieuwbouw in de volgende categorieën:

- Kantoorgebouw;
- Klinisch gezondheidszorggebouw;
- Zwembad;
- Onderwijsgebouw;
- Bijeenkomstgebouw;
- Sportgebouw.

Het bij ECN-DEGO aanwezige gebouwsimulatieprogramma TRNSYS 14.2 [2] is gebruikt om voor elk gebouw de jaarlijkse warmte- en koudevraag te bepalen, alsmede de jaarbelastingduurkromme voor verwarming en koeling.

Naast de jaarbelastingduurkrommes voor verwarming en koeling zijn maand belastingduurkrommes voor verwarming en koeling bepaald alsmede de belastingduurkromme over de dagperiode en nachtperiode.

Opties voor het veranderen van de energievraag zijn geïnventariseerd en het effect hiervan op het verloop van de belastingduurkromme is bepaald. Deze opties zijn:

- Toepassen extra isolatie;
- Warmteterugwinning uit ventilatielucht;
- Veranderen van interne warmtelasten door toepassen efficiëntere of minder efficiëntere verlichting;
- Preventie koelvraag door: extra gebouwmassa, passieve/actieve zonwering en zomernachtventilatie;
- Verhogen van de nachtverlagingstemperatuur;
- Verlagen van de ruimtetemperatuur bij het toepassen van koeling.

Uit de studie blijkt dat het gebruikspatroon van het gebouw een bepalende factor is voor het verloop van de jaarbelastingduurkromme van zowel warmte- als koudevraag. Bij een gebouw met langere gebruikstijden (een bijeenkomstgebouw) is het verloop van de kromme anders dan

bij een gebouw dat gekenmerkt wordt door kortere verbruikstijden of door verschoven gebruikstijden (bijvoorbeeld gebruik gebouw in de avonduren).

Voor een tweetal gebouwen is verder nog gekeken wat het effect is van een vermindering van de nachtverlaging. Deze simulaties zijn uitgevoerd voor het kantoorgebouw en het onderwijsgebouw. Voornamelijk bij het kantoorgebouw blijkt dat het toepassen van geen nachtverlaging resulteert in een vlak verlopende jaarbelastingsduurkromme zonder een scherpe piek. Hieruit blijkt dat het aantal uren dat de verwarmingsinstallatie op 100% van zijn vermogen draait sterk is afgenomen en het totaal aantal uren op 30-60% van zijn vermogen is toegenomen.

DOELSTELLING

Om inzicht te verkrijgen in de meest kansrijke configuraties van warmtepompen in utiliteitsgebouwen is meer inzicht nodig in de technische en financiële mogelijkheden hiervan. Voor het verdiepen van dit inzicht is kennis van de aard van de warmtevraag en koudevraag noodzakelijk.

Doelstelling van het project is het verkrijgen van inzicht in de patronen voor warmte- en koudevraag in een aantal categorieën utiliteitsbouw. De bepaling van deze patronen wordt uitgevoerd voor nieuwbouwsituaties, waarbij tevens de invloed van extra isolatie, warmteterugwinning, efficiënte verlichting, zonwering, nachtventilatie en extra gebouwmassa is bestudeerd.

1 INLEIDING

Binnen het warmtepompen-programma van Novem wordt een reeks studies uitgevoerd die tot doel heeft meer inzicht te verkrijgen in de technische en financiële mogelijkheden van de meest perspectiefrijke configuraties van warmtepompen in verschillende categorieën utiliteitsbouw. Om tot verdere verdieping van dit inzicht te komen blijkt het thans noodzakelijk meer informatie over de aard van de warmte- en koudevraag in de analyses in te brengen. Warmte- en koudevraag verschillen per utiliteitscategorie. Dit geldt niet alleen ten aanzien van de omvang van de vraag, maar ook ten aanzien van de verdeling van de vraag over dag, week en jaar. Daarbij moet ook rekening worden gehouden met de invloed van verdere aanscherping van de EP-eisen voor de verschillende categorieën utiliteitsbouw.

Het rapport is als volgt opgebouwd. Allereerst wordt in hoofdstuk 2 de gevolgde werkwijze beschreven en worden de uitgangspunten voor de simulaties nader toegelicht. In hoofdstuk 3 worden de resultaten gepresenteerd voor de 6 verschillende utiliteitsgebouwen. In de bijlagen worden voor de basissituatie van elk gebouw zgn. datasheets gepresenteerd. Hierop vermeld staan de jaarbelastingduurkrommes voor warmte- en koudevraag alsmede gegevens over het jaarlijks energiegebruik voor verwarming en koeling alsmede de primaire energievraag en de piek energievraag per m² gebouwoppervlakte.

2 WERKWIJZE

De in dit rapport bepaalde warmte- en koudevraagpatronen hebben betrekking op een 6-tal categorieën utiliteitsgebouwen. Deze typen gebouwen zijn:

- Kantoorgebouw;
- Klinisch gezondheidszorggebouw;
- Zwembad;
- Onderwijsgebouw;
- Bijeenkomstgebouw;
- Sportgebouw;

Gebouwen in de diverse sectoren kunnen sterk verschillen in oppervlakte, bouwwijze en technische uitrusting. Het is moeilijk om per sector een voor de sector typerend gebouw vast te stellen. Zo'n 'referentiegebouw' bestaat eigenlijk niet. Omdat daarnaast de beschikbare informatie over gebouwen in een sector moeilijk te verkrijgen is, is in overleg met opdrachtgever besloten die gebouwgegevens te gebruiken die direct voorhanden waren. In een recente studie naar de effecten van het aanscherpen van de energieprestatie-eisen bij utiliteitsgebouwen is gebruik gemaakt van de berekeningen voor de energieprestatie van 27 gebouwen verdeeld over 9 sectoren. Uit deze gegevens is voor de huidige studie een selectie gemaakt. Als criterium is gekozen voor gebouw grootte en het beschikbaar zijn van voldoende gegevens om de werkzaamheden te kunnen uitvoeren. Alle gekozen gebouwen zijn recent ontworpen en gebouwd en voldoen aan de eisen voor utiliteitsgebouwen zoals is weergegeven in [1].

Voor het bepalen van de belastingduurkrommes voor de warmte- en koudevraag is gebruik gemaakt van het bij ECN-DEGO aanwezige simulatiemodel TRNSYS 14.2 [2]. Dit model is een thermisch simulatiemodel voor gebouwen. In dit model wordt het te onderzoeken gebouw nagebouwd. Voor de klimatologische gegevens als buitentemperatuur, luchtvochtigheid en zonnestraling wordt gebruik gemaakt van het door het KNMI opgestelde referentiejaar, gebaseerd op de weergegevens in de Bilt over de periode 1971 - 1980. Naast deze klimatologische gegevens vraagt het model om invoergegevens die betrekking hebben op de gebruikte materialen (oppervlakte, soortelijke massa, warmtegeleidingscoëfficiënt, soortelijke warmte en absorptie- en reflectiecoëfficiënten), de gewenste ruimtetemperaturen, ventilatievoud, infiltratievoud en de grootte en samenstelling van de interne warmtelasten door verlichting, aanwezige personen en eventueel aanwezige apparatuur.

Als uitvoergegevens van de simulatie van het gebouw wordt de uurlijkse warmte- en koudevraag verkregen. Voor ieder uur wordt dan de specifieke warmte- en koudevraag berekend (in W/m^2). Deze gegevens worden grafisch weergegeven middels een zogenaamde belastingduurkromme. Ten aanzien van de totale warmtevraag wordt met een rendement van 95 % voor de installatie (HR verwarmingsinstallatie) en een systeemrendement van 90 % gerekend. Ten aanzien van de koudevraag is gerekend met een C.O.P. van de koelmachine van 3,5 en een elektriciteit opwekkingsrendement van 54 %.

Als uitgangspunt voor de berekeningen zijn de waarden voor de warmteweerstand van de bouwkundige constructies, de U-waarden van de ramen, het ventilatievoud, het infiltratievoud en de interne warmtelasten genomen zoals als die voor de EP-berekeningen zijn gebruikt.

Omdat in de EP-berekening voor met name de interne warmtelasten een gemiddelde uurlijkse waarde is aangenomen is de berekening uitgevoerd waarbij de waarden voor de interne warmtelasten omgerekend zijn naar het gebruiksschema van het gebouw. Deze berekening is als uitgangspunt genomen. Naast de jaarlijkse belastingduurkrommes voor warmte- en koudevraag

zijn de belastingduurkrommes bepaald per maand en tevens voor de perioden dat het gebouw in en buiten bedrijf is.

Algemene uitgangspunten gebouwen

De gegevens zoals die in de EP-berekening voorkomen zijn gebruikt als invoergegevens voor het gebouwsimulatie model. Een aantal algemene kenmerken wordt hieronder weergegeven

Ventilatievoud en infiltratievoud

In de EP berekening wordt uitgegaan voor de berekening van het infiltratievoud van de luchtdichtheid van het gebouw. Deze Q_{v10} waarde wordt vervolgens omgezet in een infiltratiehoeveelheid in $\text{dm}^3/\text{sec}/\text{m}^2$. Voor TRNSYS 14.2 wordt deze waarde omgerekend naar een aantal luchtwisselingen per uur, gegeven de inhoud van het gebouw

Verwarming

In TRNSYS 14.2 wordt een verwarmingsvermogen ingezet en wordt tevens rekening gehouden met wat voor soort verwarming gebruikt wordt (luchtverwarming, radiatorverwarming). Voor de berekeningen is uitgegaan van radiatorverwarming. (hierbij wordt een deel van de warmte als stralingswarmte aan de omliggende ruimte gegeven). Bij het bepalen van de jaarbelastingduurkrommes is geen rekening gehouden met toeslagen op het gewenste verwarmingsvermogen voor bedrijfsonderbreking.

Tapwater

De beschikbare gegevens over het warm tapwatergebruik in de onderzochte gebouwen zijn minimaal. Per gebouw is daarom aangegeven of tapwater verwarming is gebruikt en welke uitgangspunten hiervoor zijn aangenomen.

Oppervlakte

De warmte- en koudevraag wordt in de belastingduurkrommes uitgedrukt in het aantal Watts per vierkante meter. Voor de oppervlakte is het vloeroppervlakte genomen van de vertrekken in het gebouw die daadwerkelijk verwarmd of gekoeld worden. Deze waarden hoeven dus niet gelijk te zijn aan de totale oppervlakte van het gebouw. Bovendien kunnen de oppervlakten voor verwarming en koeling van elkaar verschillen (dit is het geval als sommige vertrekken wel verwarmd, maar niet gekoeld worden).

Opties voor veranderingen in de energievraag

Opties voor het veranderen van de energievraag zijn geïnventariseerd en het effect hiervan op het verloop van de belastingduurkromme is bepaald. Deze opties zijn:

- Toepassen extra isolatie

Door toepassing van extra isolatie is de Rc-waarde van de gebouwschil (afhankelijk van de referentiesituatie) gewijzigd in:

- $R_c = 3,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$;
- $R_c = 4,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$.

- Warmteterugwinning uit ventilatielucht

Als rendement voor de warmteterugwinning uit ventilatielucht is gekozen voor:

- 60%;
- 90%.

Bij het zwembad is gesimuleerd met een rendement van 70 en 90 % voor warmteterugwinning. De reden dat er geen simulaties met een rendement van 60 % zijn gemaakt ligt in het feit dat het zwembad in de referentiesituatie is uitgerust met een warmteterugwinningseenheid met een rendement van 70 %.

- Verandering interne warmtelasten door toepassen efficiëntere of minder efficiënte verlichting.

Afhankelijk van de uitgangssituatie is het effect onderzocht van een interne warmtelast door verlichting van:

- 8 W/m²;
- 12 W/m²;
- 18 W/m².

- Preventie koelvraag door extra gebouwmassa, passieve/actieve zonwering en zomernachtventilatie.

Het effect van extra gebouwmassa is onderzocht door, afhankelijk van de uitgangssituatie, een gebouwmassa toe te passen van:

- 1100 kg/m³;
- 1500 kg/m³;
- 2100 kg/m³.

Het effect van zonwering (actief) is onderzocht door afhankelijk van de hoeveelheid directe zonnestraling buiten de zonwering omlaag te doen.

Het effect van zomernachtventilatie is onderzocht door gedurende de nachtelijke uren een verhoogd ventilatievoud (van b.v. 4) toe te passen.

- Verhoging van de nachtverlagings temperatuur.

Bij 5 van de 6 bestudeerde utiliteitsgebouwen (behalve het zwembad) is de temperatuur ten tijde dat het gebouw buiten bedrijf is, ingesteld op 15 °C. Bij het kantoorgebouw en het onderwijsgebouw is het effect op de warmtevraag bestudeerd indien de nachtverlagings temperatuur wordt verhoogd van 15 naar 17,5 °C en van 15 naar 20 °C (in dit geval wordt feitelijk dus geen nachterverlaging meer toegepast).

- Verlaging van de ruimtetemperatuur ingeval van koeling.

Bij 5 van 6 utiliteitsgebouwen (behalve het zwembad) zijn situaties met koeling gesimuleerd. In al deze gevallen wordt de koelmachine ingeschakeld bij een ruimtetemperatuur van 25 °C. Zodra een temperatuur van 24 °C wordt bereikt, schakelt de koelmachine zich uit. Bij het kantoorgebouw en het klinische gezondheidszorggebouw is tevens het koelvraagpatroon bepaald bij in- en uitschakeling van de koelmachine bij ruimtetemperaturen van respectievelijk 23 en 22 °C.

- Per onderzocht gebouwtype worden de gegevens uit EP berekeningen vermeld. Hierdoor wordt het mogelijk de uitkomsten van beide berekeningen met elkaar te vergelijken. Bedacht dient te worden dat de EP berekeningsmethode een statische berekeningsmethode is waarbij voor de uitgangspunten met gemiddelden wordt gewerkt terwijl TRNSYS een dynamische berekeningsmethode is. Een van de gevolgen is dat de uitkomsten voor warmtevraag berekening uit TRNSYS vaak beduidend lager zijn dan uit de EP-berekening.
- In de tabel in de datasheets is van ieder gebouw het aantal uur equivalente vollast weergegeven. Dit is de totale warmte- of koudevraag gedeeld door het piekvermogen. Het aldus verkregen aantal uren vollast is het aantal uur dat de verwarmings- of koelinstallatie op maximaal vermogen moet draaien om de totale jaarlijkse warmte- of koudevraag te kunnen leveren.

3 RESULTATEN

3.1 Kantoorgebouw

3.1.1 Algemene omschrijving gebouw

Het kantoorgebouw waarvan in dit rapport de warmte- en koudevraag patronen worden opgesteld is een kantoorgebouw dat bestaat uit de begane grond met daarboven 4 verdiepingen. Het midden van het kantoorgebouw bestaat uit een trappenhuis met gangen naar de diverse verdiepingen. Op één verdieping is een kantine aanwezig. De totale oppervlakte van het kantoorgebouw is ca. 2048 m², bij een totale inhoud van ca. 6143 m³. Het gehele oppervlak van het kantoorgebouw (ca. 2048 m²) wordt verwarmd, terwijl een oppervlakte van 1777 m² wordt gekoeld.

Het kantoorgebouw is onlangs gebouwd en voldoet aan de EP voor utiliteitsgebouwen. Het kantoorgebouw heeft volgens de EP 3 gebouwfuncties, te weten:

- Kantoorgebouw;
- Horecagebouw;
- Bijeenkomstgebouw.

In de onderstaande tabel is weergegeven wat de betreffende EP-coëfficiënt voor de betreffende gebouwfunctie is. Eveneens is de destijds geldende eis voor de gebouwfunctie weergegeven.

Gebouwfunctie	EP-coëfficiënt	EP-eis
Kantoorgebouw	1,42	1,60
Horecagebouw	1,69	1,90
Bijeenkomstgebouw	2,14	2,40

Tabel 1: EP-coëfficiënten kantoorgebouw

Dit resulteert in een Q pres. totaal/Q pres. toelaatbaar van 0,89.

De primaire energiegebruiken in MJ volgens de EP-berekening zijn als volgt:

Qprim. verwarming	552510
Qprim. ventilatoren	199500
Qprim. verlichting	278866
Qprim. pompen	70592
Qprim. koeling	225293
Qprim. warm tapwater	7496

Tabel 2: Energiegebruiken kantoorgebouw in MJ

De ramen bestaan uit HR glas ($U=1,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$). De gevels, de vloer en het dak hebben een Rc-waarde van 3,2 m² K/W. Ventilatie in het kantoorgebouw vindt plaats met mechanische toe- en afvoer. Er is een warmteterugwinningsinstallatie aanwezig met een gemiddeld rendement van 60 %. In de zomersituatie wordt de warmteterugwinning uitgeschakeld. Verwarming vindt plaats door middel van een HR ketel. Koeling vindt in de kantoren en de kantine plaats. Het trappenhuis wordt niet gekoeld. De openingstijden van het kantoorgebouw zijn van 08.00 tot 18.00 uur, gedurende 5 dagen per week en gedurende 52 weken per jaar.

Gebruikte bouwmaterialen

In TRNSYS zijn de gegevens ingevoerd zoals deze zijn weergegeven op de bouwtekeningen van het betreffende kantoorgebouw. De toegepaste gevels bestaan uit een binnenspouwblad van beton, isolatiemateriaal, een luchtspouw en een buitenspouwblad van metselstenen of tegels.

De begane grond bestaat uit een afdeklaag, grindbeton en isolatie. Onder de vloer is een kruipruimte. De verdiepingvloeren bestaan uit een afdeklaag en grindbeton. Het dak is opgebouwd uit dakbedekking, isolatie en een draagconstructie van beton.

De dragende binnenmuren zijn opgebouwd uit kalkzandsteen, terwijl de overige binnenmuren zijn opgebouwd uit een lichte wandconstructie. Alle ramen hebben een U-waarde van $1,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, met een zontoetredingsfactor van 70 %. De ramen zijn voorzien van handbediende buitenzonweringen. In TRNSYS is verondersteld dat deze naar beneden worden gedaan zodra de directe zonnestraling op het betreffende venster een waarde van 400 W/m^2 bereikt (op een verticale gevel op het zuiden is dit ca. 1000 uur per jaar).

Interne warmtelast

Bij de simulaties is voor de interne warmtelast een schema aangehouden. Dit schema is hieronder weergegeven.

Periode	Interne warmtelast kantoren [W/m ²]	Interne warmtelast trappenhuis [W/m ²]
00.00 - 08.00 uur	0	0
08.00 - 12.00 uur	23	8
12.00 - 13.00 uur	0	0
13.00 - 16.00 uur	23	8
16.00 - 00.00 uur	0	0

Tabel 3 : *Interne warmtelasten kantoorgebouw*

Dit schema is gedurende 5 dagen per week (werkdagen) aangehouden. Gedurende de weekenden (2 dagen per week) is er verondersteld dat er geen warmtelast heerst.

Opmerking

In de interne warmtelast voor de kantoren is een post van 8 W/m^2 opgenomen voor de verlichting.

Infiltratievoud

Ten aanzien van de infiltratie is gerekend met een waarde van $0,29 \text{ dm}^3/\text{s m}^2$. Dit resulteert in een infiltratievoud van 0,35. Gerekend is dat er altijd een constante infiltratie is.

Ventilatievoud

Bij de simulaties is voor het ventilatievoud een schema aangehouden. Hieronder is het schema voor het ventilatievoud weergegeven.

Periode	Ventilatievoud kantoren[-]	Ventilatievoud trappenhuis
00.00 - 08.00 uur	0	0
08.00 - 18.00 uur	1,25	1,76
18.00 - 00.00 uur	0	0

Tabel 4: *Ventilatievouden kantoorgebouw*

Dit schema is gedurende 5 dagen per week (werkdagen) aangehouden. Gedurende de weekenden (2 dagen per week) is verondersteld dat de ventilatie uitgeschakeld is.

Gegevens koelinstallatie

De koelinstallatie is zodanig ingezet dat deze inschakelt zodra de temperatuur in een ruimte de 25 °C overschrijdt. Als de temperatuur is gedaald tot 24 °C schakelt de koelinstallatie zich weer uit. Het in TRNSYS ingezette koelvermogen is groot genoeg om op de warmste dag van het jaar een temperatuur tussen 24 en 25 °C te behalen. Het koelvermogen is alleen ingezet in de kantoren (en **niet** in het trappenhuis) ten tijde dat het gebouw daadwerkelijk in gebruik is (op werkdagen van 08.00 uur tot 18.00 uur).

Eveneens zijn bij dit kantoorgebouw simulaties uitgevoerd waarbij de koeling wordt ingeschakeld bij een temperatuur van 23 °C. In deze situatie schakelt de installatie zich bij een temperatuur van 22 °C weer uit.

Gegevens verwarmingsinstallatie

De verwarmingsinstallatie is zodanig ingezet dat de onderstaande temperaturen gedurende de weergegeven tijden minimaal behaald kunnen worden (In de zomerperiode zullen wellicht overschrijdingen van deze temperaturen optreden, zie gegevens koelinstallatie).

Periode	Temperatuur kantoren [°C]	Temperatuur trappenhuis [°C]
00.00 - 08.00 uur	15	15
08.00 - 18.00 uur	20	18
18.00 - 00.00 uur	15	15

Tabel 5: *Temperatuurniveaus kantoorgebouw*

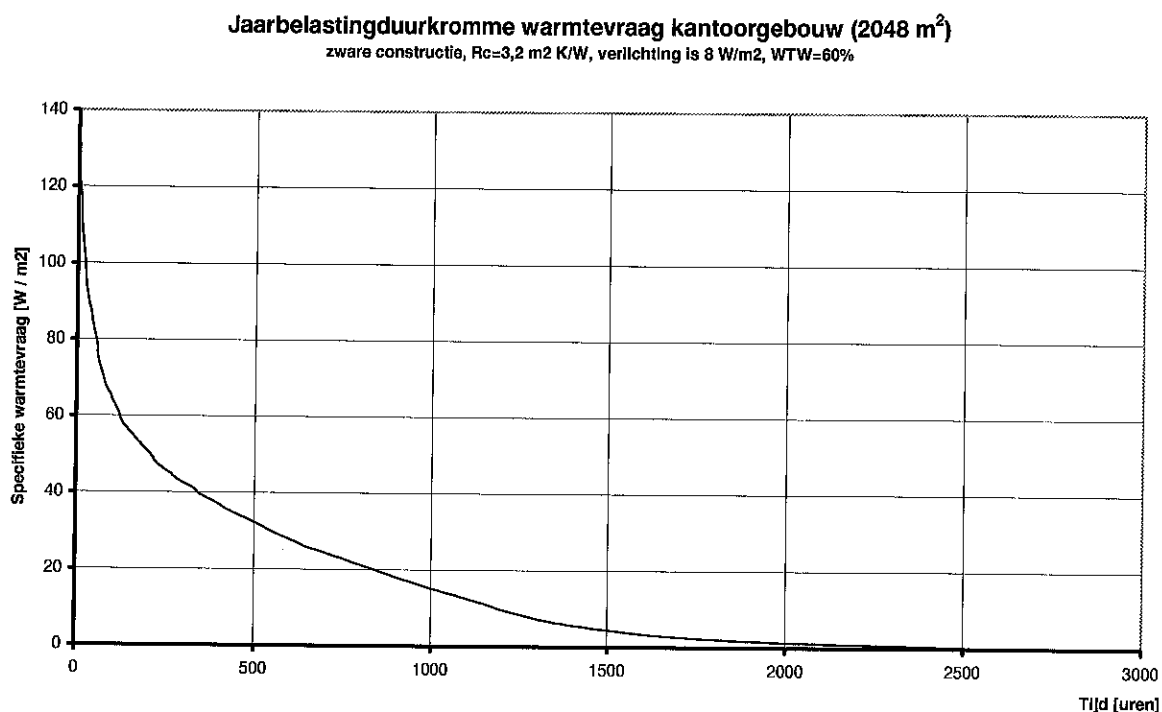
Dit schema wordt gevolgd gedurende werkdagen (5 dagen per week). Gedurende de weekenden (2 dagen week) wordt de temperatuur in zowel de kantoren als het trappenhuis op een temperatuur van minimaal 15 °C geregeld.

Bij dit kantoorgebouw is tevens het effect van nachtverlaging bestudeerd. Hiervoor is een tweetal simulaties uitgevoerd. Bij één simulatie is de temperatuur van de kantoren en het trappenhuis 's avonds en in de weekenden ingesteld op 17,5 °C; de andere simulatie is uitgevoerd met temperaturen in het trappenhuis en de kantoren van respectievelijk 18 en 20 °C (hier is dus feitelijk geen nachtverlaging toegepast).

Verwarming tapwater

In het bestudeerde kantoorgebouw is alleen warm tapwater aanwezig in de kantine. Met behulp van [3] is een globale inschatting gemaakt van het warm tapwaterverbruik in deze kantine. Het resultaat van deze berekening leerde dat voor het verwarmen van het tapwater een netto warmtevraag van ca. 2,5 GJ per jaar noodzakelijk is. Dit is minder dan 1 % van de totale warmtevraag per jaar. Vanwege dit kleine percentage is de verwarming van tapwater bij de bepaling van de totale warmtevraag verwaarloosd.

3.1.2 Warmtevraag referentiesituatie



Figuur 1: *Belastingduurkromme warmtevraag kantoorgebouw referentiesituatie*

Hieronder zijn de resultaten van de simulatie met enkele aanvullende berekeningen in tabelvorm weergegeven.

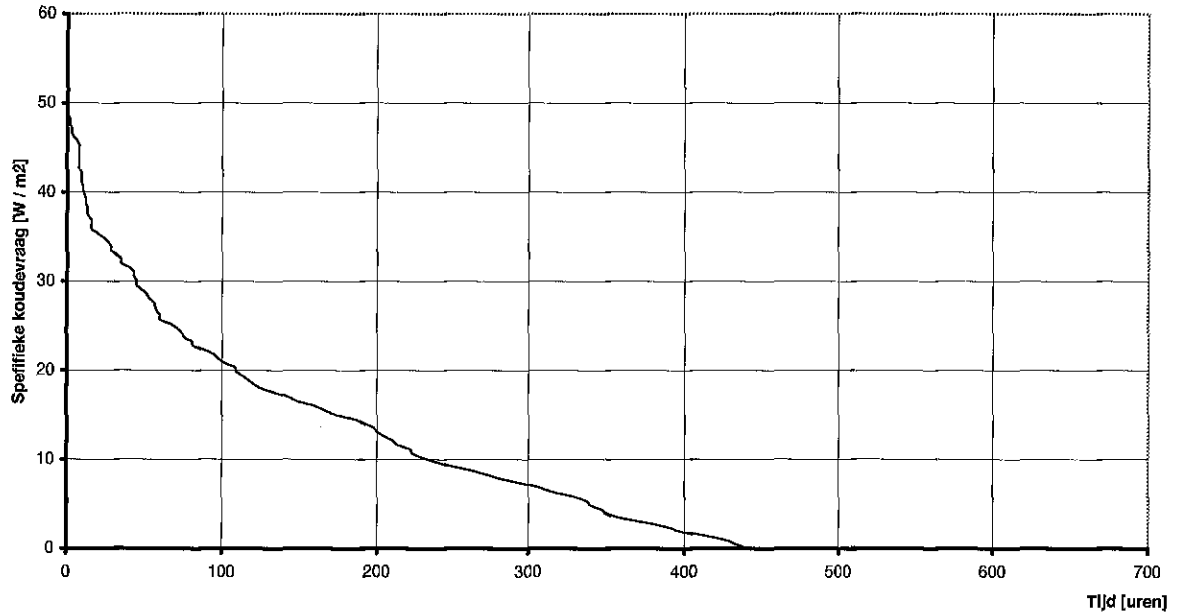
Warmtevraag [GJ]	Uur	primaire energie [GJ]	primaire energie [m ³ aardgas/m ² jaar]	Piek [kW]	Piek primaire energie [kW]	Piekvermogen [W/m ²]	Equivalentente uren vollast
324	2618	379	5,8	280	328	137	321

Tabel 6: Warmtevraag kantoorgebouw referentiesituatie

3.1.3 Koudevraag referentiesituatie

De simulaties voor de koudevraag in de referentiesituatie zijn op 2 manieren uitgevoerd. In de eerste situatie is gesimuleerd met een ruimtetemperatuur van 24 - 25 °C; in het andere geval is gesimuleerd met een ruimtetemperatuur van 22 - 23 °C. Van beide simulaties zijn belastingduurkrommes weergegeven.

Jaarbelastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw (1777 m²)
 ruimtetemperatuur 24 - 25 °C, zware constructie, Rc=3,2 m² K/W, verlichting is 8 W/m², WTW=60%



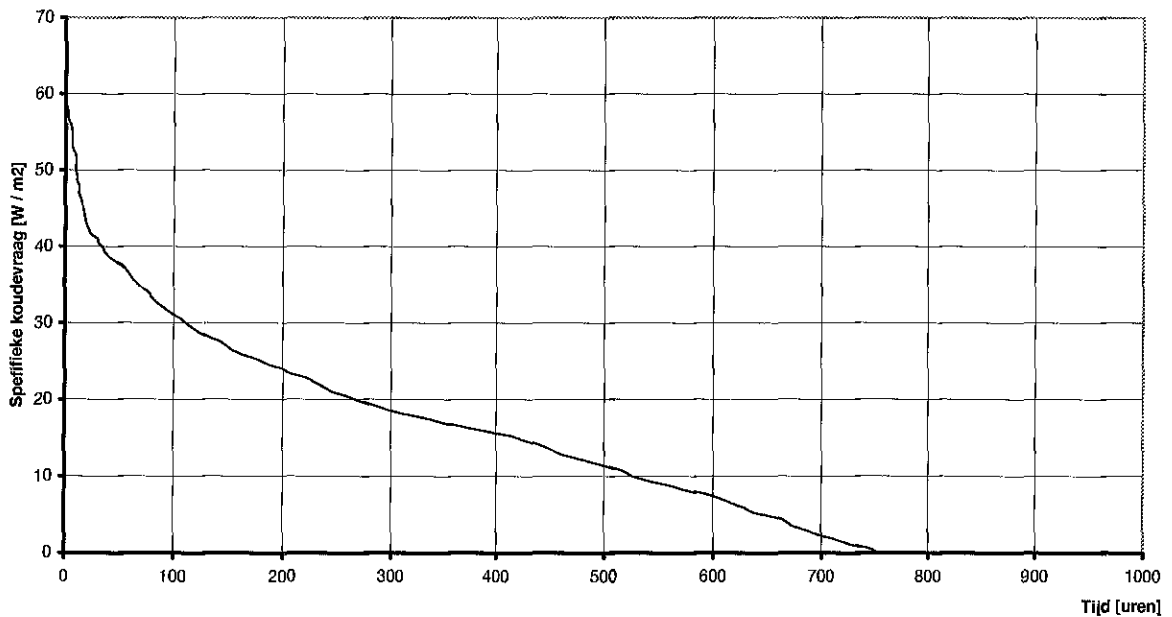
Figuur 2: *Belastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw referentiesituatie*

Hieronder zijn de resultaten van de simulatie met enkele aanvullende berekeningen in tabelvorm weergegeven.

Koudevraag [GJ]	Uur	primaire energie [GJ]	primaire energie [m ³ aardgas/m ² jaar]	Piek [kW]	Piek primaire energie [kW]	Piekvermogen [W/m ²]	Equivalenten uren vollast
39,1	441	20,7	0,32	86,2	45,6	48,5	126

Tabel 7: *Koudevraag kantoorgebouw referentiesituatie bij een ruimtetemperatuur van 24 - 25 °C*

Jaarbelastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw (1777 m²)
 ruimtetemperatuur 22 - 23 °C, zware constructie, Rc=3,2 m² K/W, verlichting is 8 W/m², WTW=60%



Figuur 3: *Belastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw referentiesituatie*

Hieronder zijn de resultaten van de simulatie met enkele aanvullende berekeningen in tabelvorm weergegeven.

Koudevraag [GJ]	Uur	primaire energie [GJ]	primaire energie [m ³ aardgas/m ² jaar]	Piek [kW]	Piek primaire energie [kW]	Piekvermogen [W/m ²]	Equivalente uren vullast
84,8	754	44,9	0,69	104,1	55,1	58,6	226

Tabel 8: Koudevraag kantoorgebouw referentiesituatie bij een ruimtetemperatuur van 22 - 23°C

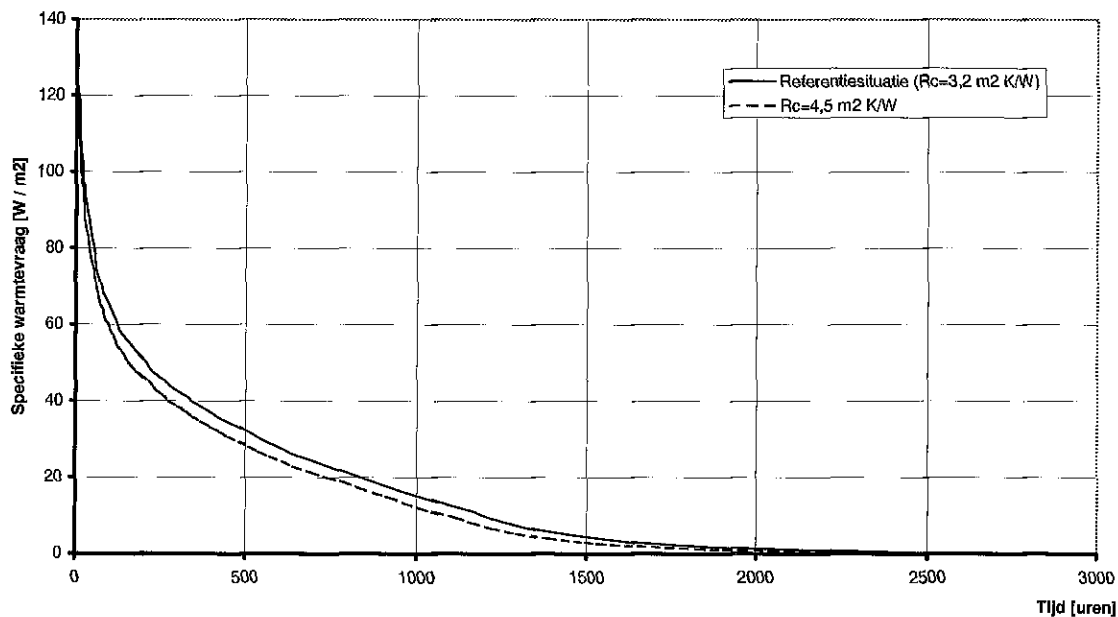
3.1.4 Veranderingen in de warmtevraag

De warmtevraag is afhankelijk van vele factoren. Een aantal factoren is bestudeerd. Deze bestudeerde factoren zijn:

- Extra isolatie ($R_c=4,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$);
- Warmteterugwinning uit ventilatielucht (rendement 90 %, in de zomer wordt WTW uitgeschakeld);
- Minder efficiënte verlichting (12 en 18 W/m²);
- Kleinere gebouwmassa (middelzware en lichte soorten beton en bakstenen);
- Verhoging van de nachtverlagingstemperatuur (van 15 naar 17,5 en 20 °C).

In de onderstaande 5 grafieken zijn de effecten van de hierboven genoemde maatregelen in de vorm van belastingduurkrommes weergegeven. Invloed extra isolatie

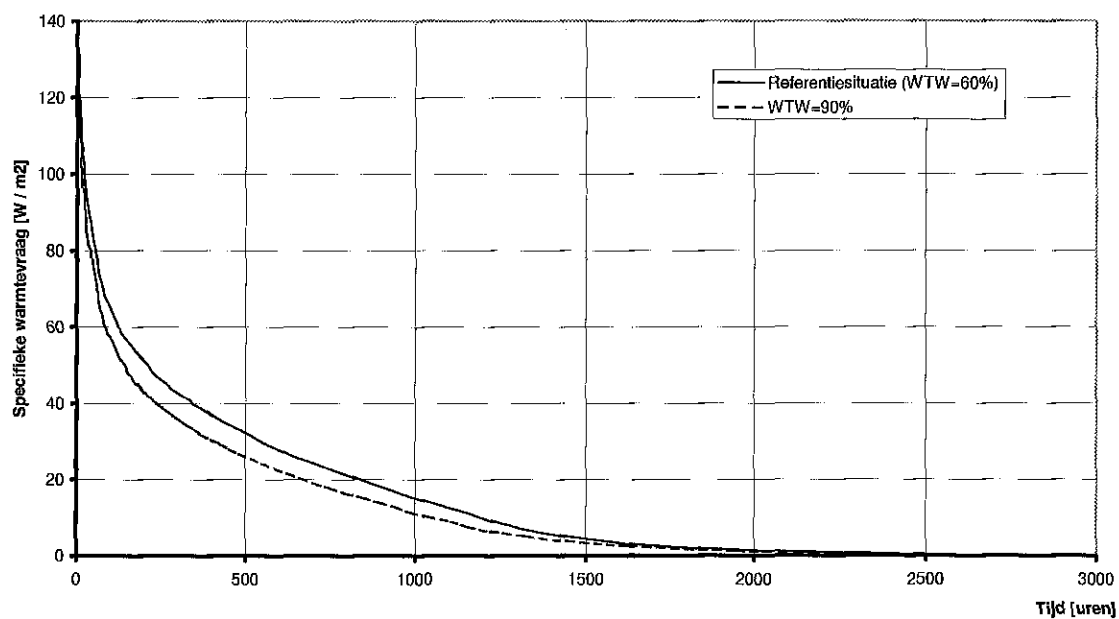
Overzicht jaarbelastingduurkrommes warmtevraag kantoorgebouw (2048 m²)
Invloed van extra isolatie



Figuur 4: Belastingduurkromme warmtevraag kantoorgebouw: invloed extra isolatie

3.1.4.1 Invloed warmteterugwinning

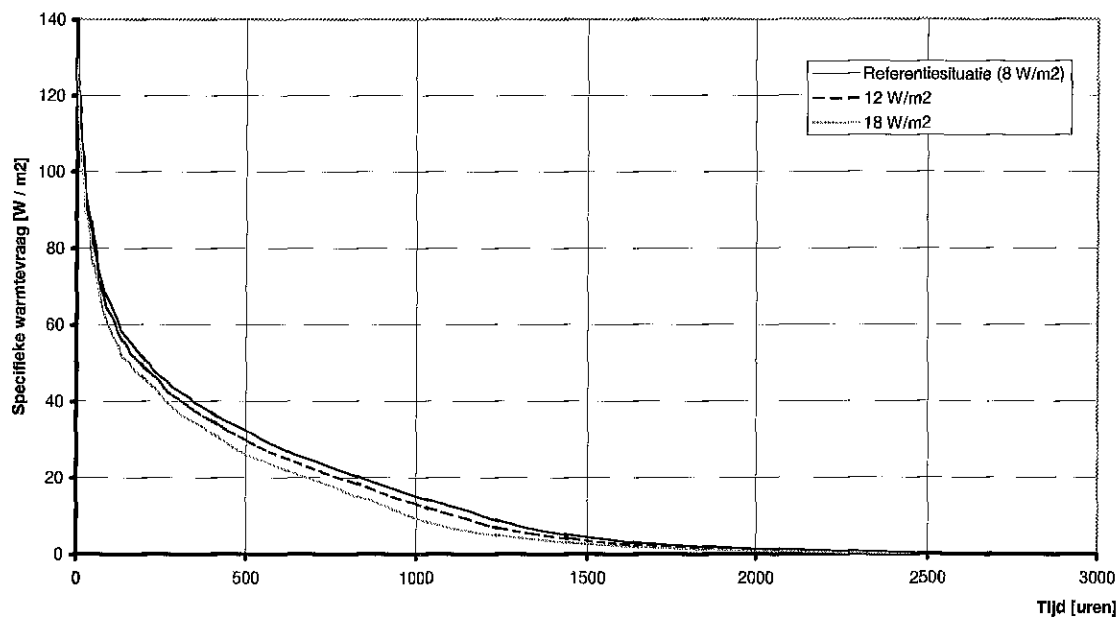
Overzicht jaarbelastingduurkrommes warmtevraag kantoorgebouw (2048 m²)
Ruimtetemperatuur 24 - 25 °C, invloed van warmteterugwinning



Figuur 5: Belastingduurkromme warmtevraag kantoorgebouw: invloed warmteterugwinning

3.1.4.2 Invloed minder efficiënte verlichting

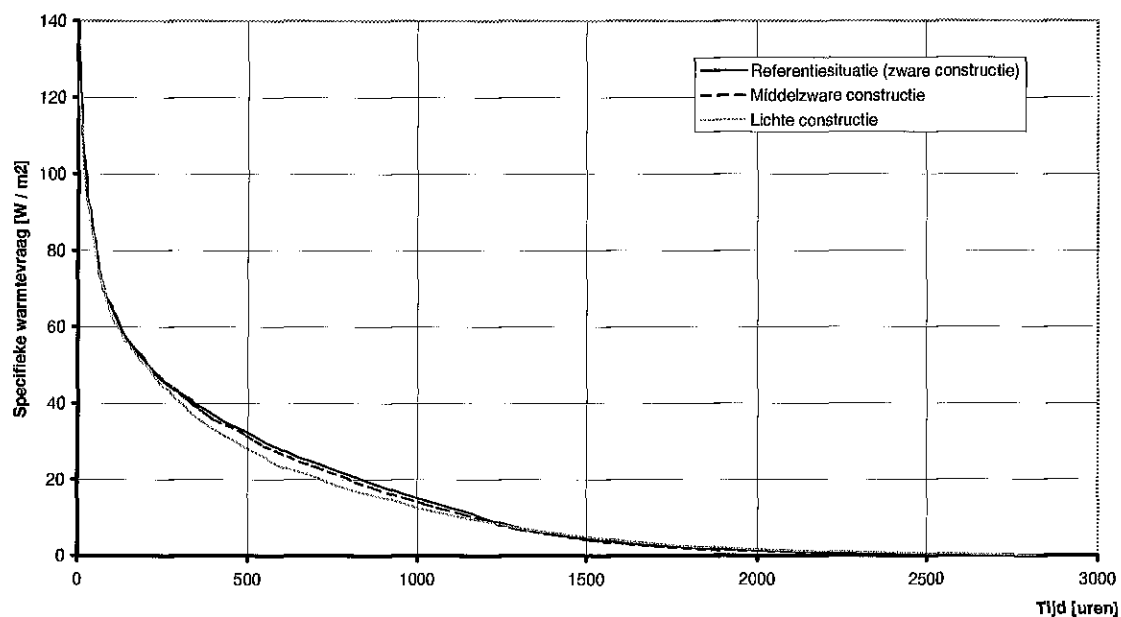
Overzicht jaarbelastingduurkrommes warmtevraag kantoorgebouw (2048 m²)
Invloed van minder efficiënte verlichting



Figuur 6: Belastingduurkromme warmtevraag kantoorgebouw: invloed verlichting

3.1.4.3 Invloed gebouwmassa

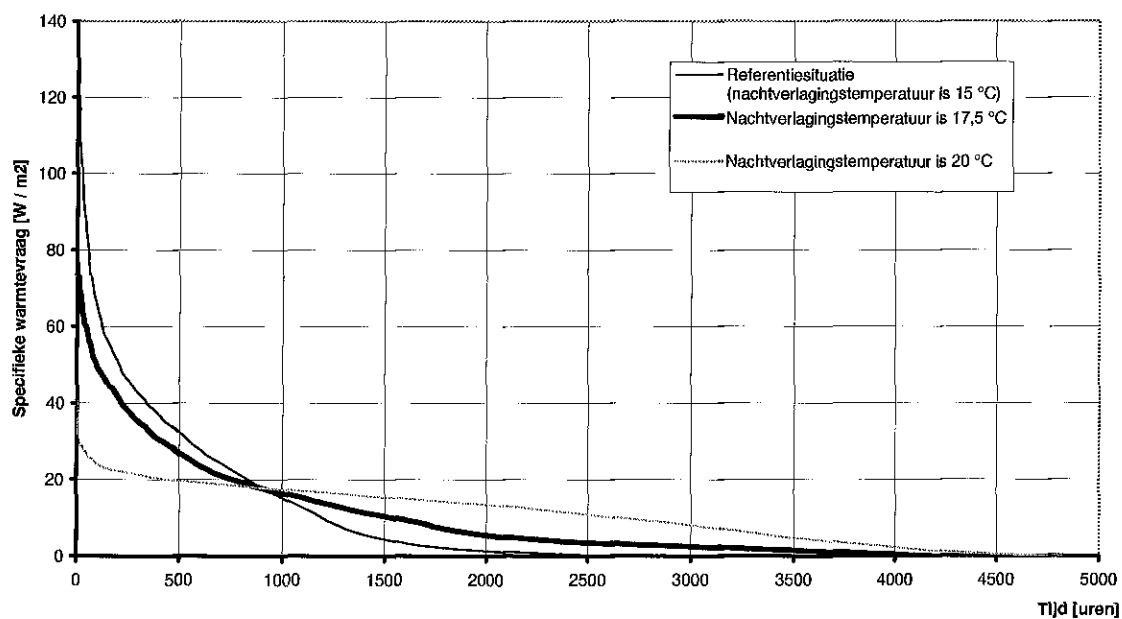
Overzicht jaarbelastingduurkrommes warmtevraag kantoorgebouw (2048 m²)
Invloed van gebouwmassa



Figuur 7: Belastingduurkromme warmtevraag kantoorgebouw: invloed gebouwmassa

3.1.4.4 Invloed nachtverlagingstemperatuur

Overzicht jaarbelastingduurkrommes warmtevraag kantoorgebouw (2048 m²)
Invloed van nachtverlagingstemperatuur



Figuur 8: Belastingduurkromme warmtevraag kantoorgebouw: invloed nachtverlagingstemperatuur

3.1.5 Veranderingen in de koudevraag

De koudevraag is afhankelijk van vele factoren. Een aantal van deze factoren is bestudeerd. Deze bestudeerde factoren zijn:

- Zomernachtventilatie;
- Extra isolatie ($R_c=4,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$);
- Minder efficiënte verlichting ($12 \text{ en } 18 \text{ W/m}^2$);
- Kleinere gebouwmassa (middelzware en lichte soorten beton en bakstenen);
- Ruimtetemperatuur ($22 - 23 \text{ }^\circ\text{C}$).

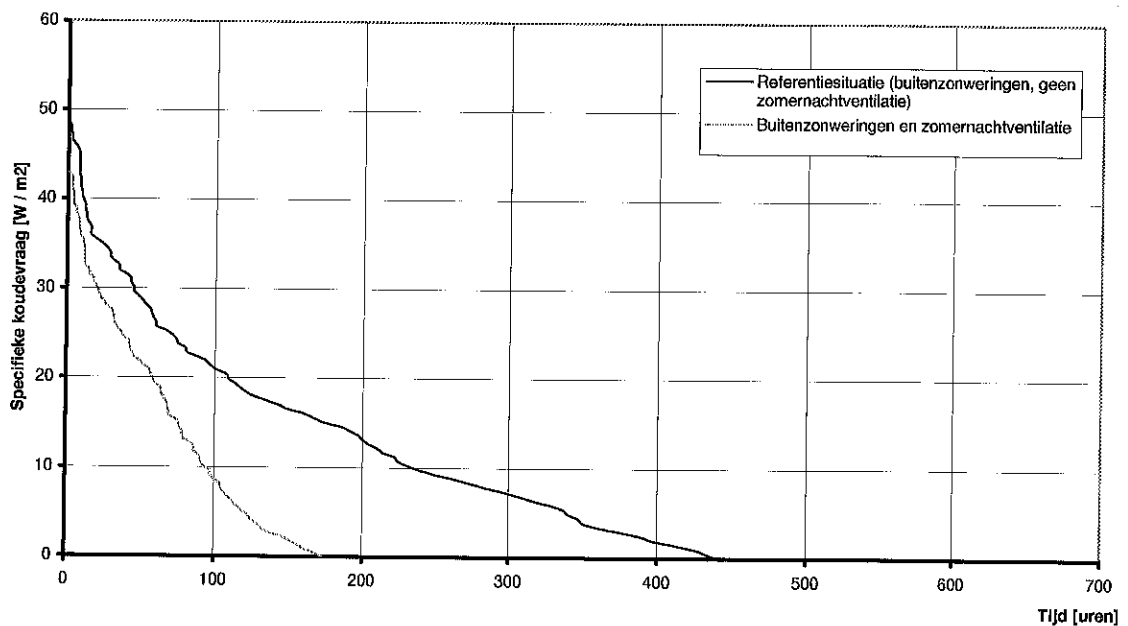
3.1.5.1 Invloed zomernachtventilatie

Ten aanzien van zomernachtventilatie is gerekend met de onderstaande ventilatievouden:

Buitemtemperatuur	Ventilatievoud kantoren	Ventilatievoud trappenhuis
Lager dan $12 \text{ }^\circ\text{C}$	0	0
Tussen $12 \text{ en } 15 \text{ }^\circ\text{C}$	1	1
Tussen $15 \text{ en } 18 \text{ }^\circ\text{C}$	1,25	1,76
Hoger dan $18 \text{ }^\circ\text{C}$	0	0

Tabel 9: Ventilatievouden zomernachtventilatie kantoorgebouw

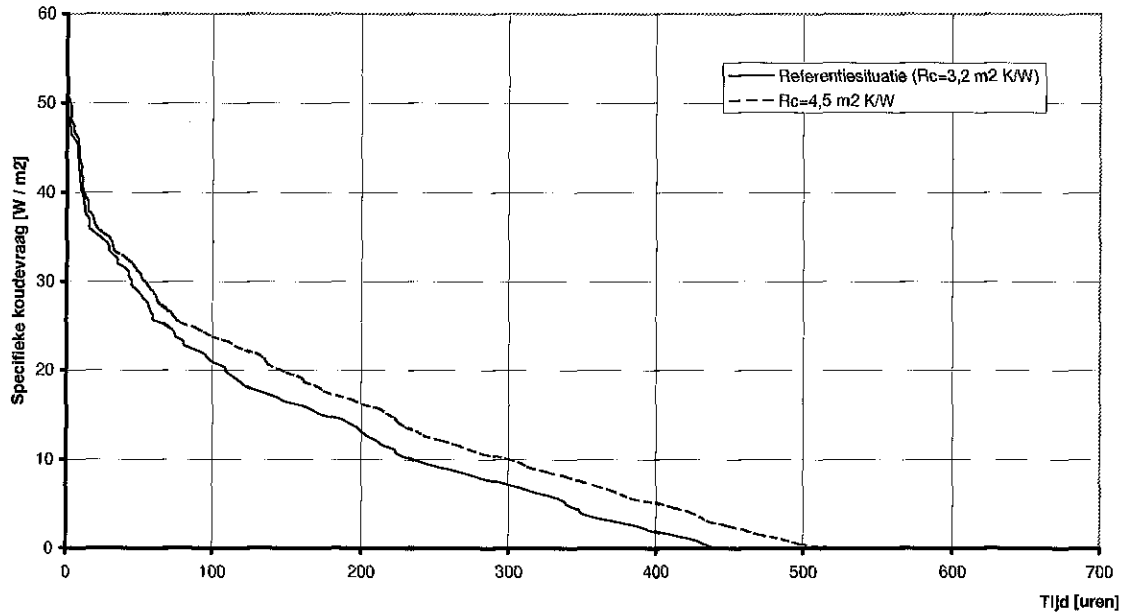
Overzicht jaarbelastingduurkrommes koudevraag kantoorgebouw (1777 m^2)
Ruimtetemperatuur $24 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$, invloed van zomernachtventilatie



Figuur 9: Belastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw: invloed zomernachtventilatie

3.1.5.2 Invloed extra isolatie

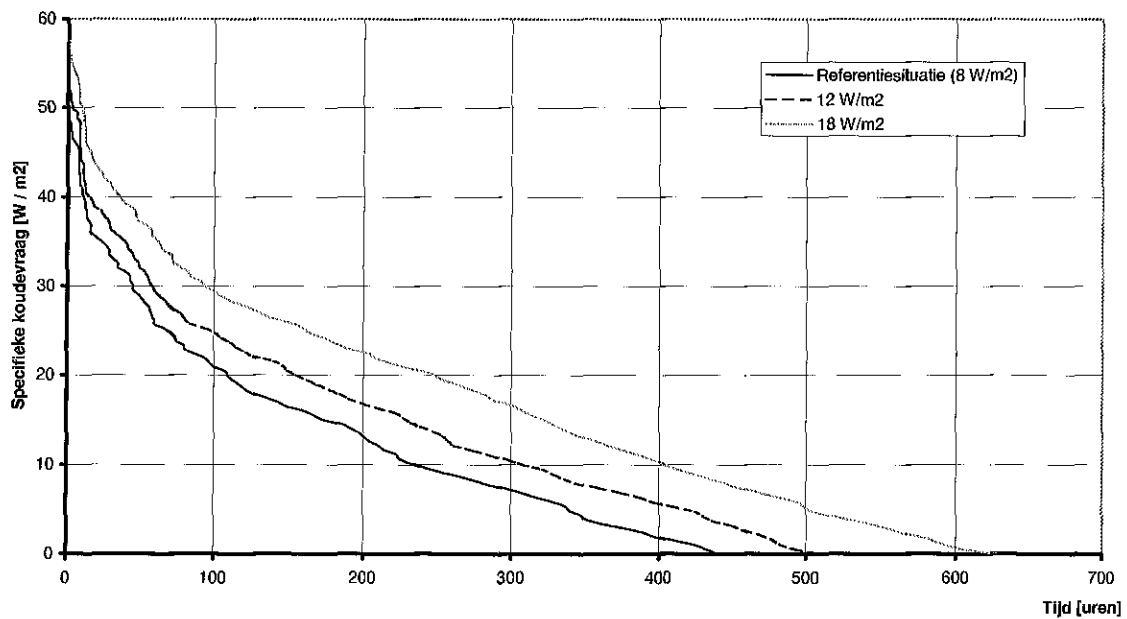
Overzicht jaarbelastingduurkrommes koudevraag kantoorgebouw (1777 m²)
Ruimtetemperatuur 24 - 25 °C, invloed van extra isolatie



Figuur 10: Belastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw: invloed isolatie

3.1.5.3 Invloed minder efficiënte verlichting

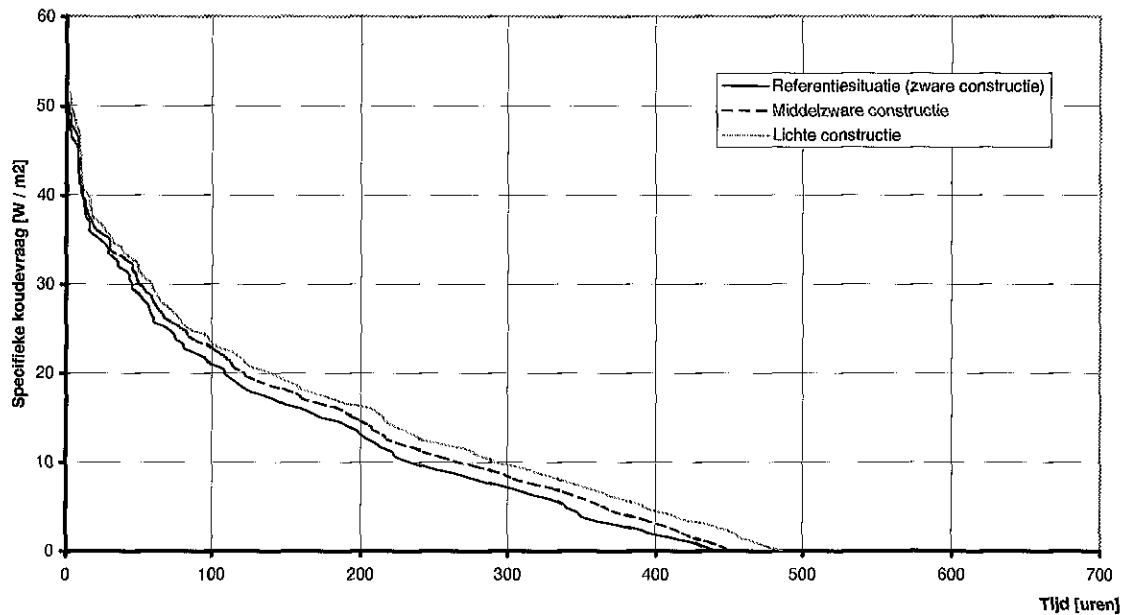
Overzicht jaarbelastingduurkrommes koudevraag kantoorgebouw (1777 m²)
Ruimtetemperatuur 24 - 25 °C, invloed van minder efficiënte verlichting



Figuur 11: Belastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw: invloed verlichting

3.1.5.4 Invloed gebouwmassa

Overzicht jaarbelastingduurkrommes koudevraag kantoorgebouw (1777 m²)
Ruimtetemperatuur 24 - 25 °C, invloed van gebouwmassa



Figuur 12: *Belastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw: invloed gebouwmassa*

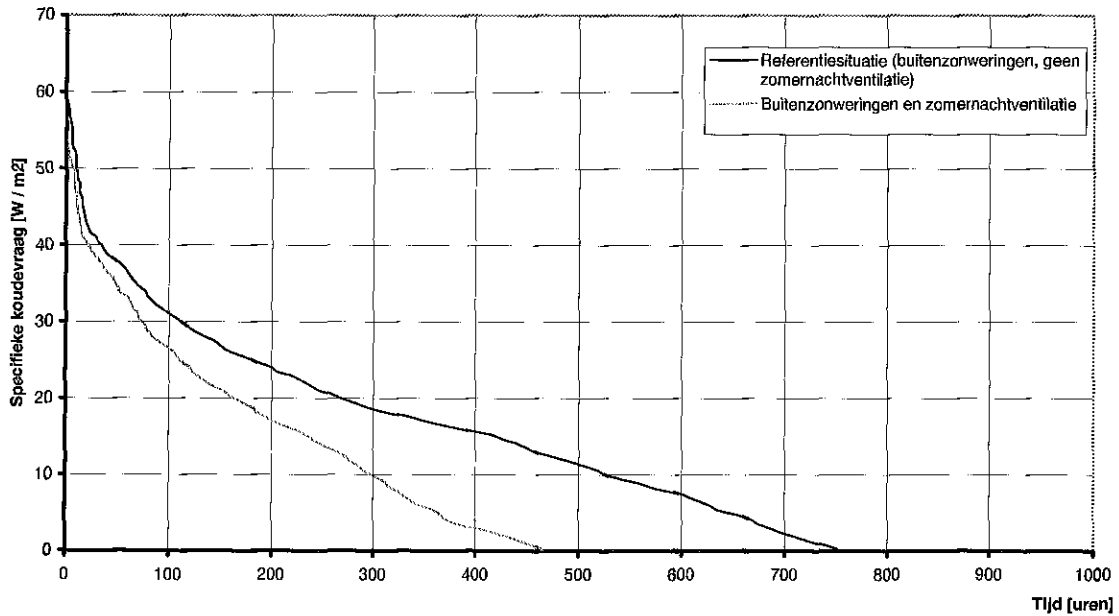
3.1.5.5 Invloed ruimtetemperatuur 22 - 23 °C

Het effect van verlaging van de ruimtetemperatuur naar 22 - 23 °C op de totale koudevraag is doorgerekend voor een aantal varianten. Deze varianten zijn:

- Zomernachtventilatie;
- Extra isolatie ($R_c=4,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$);
- Minder efficiënte verlichting (12 en 18 W/m²);
- Kleinere gebouwmassa (middelzware en lichte soorten beton en bakstenen);

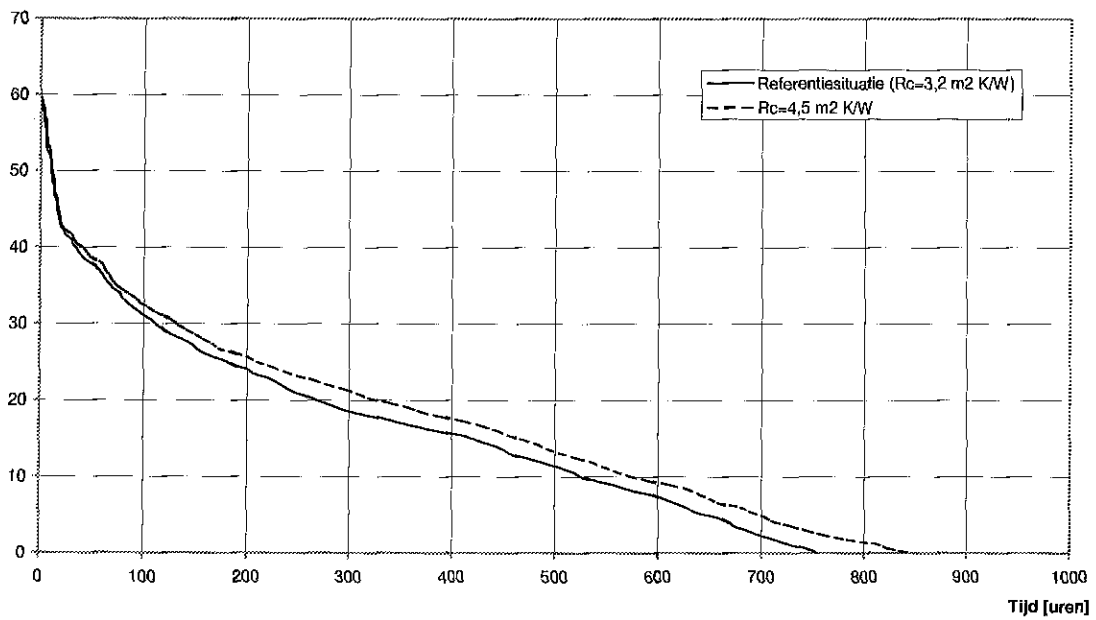
Hieronder worden de resultaten van de simulaties in belastingduurkrommes weergegeven.

Overzicht jaarbelastingduurkrommes koudevraag kantoorgebouw (1777 m²)
 ruimtetemperatuur 22 - 23 °C, invloed van zomernachtventilatie



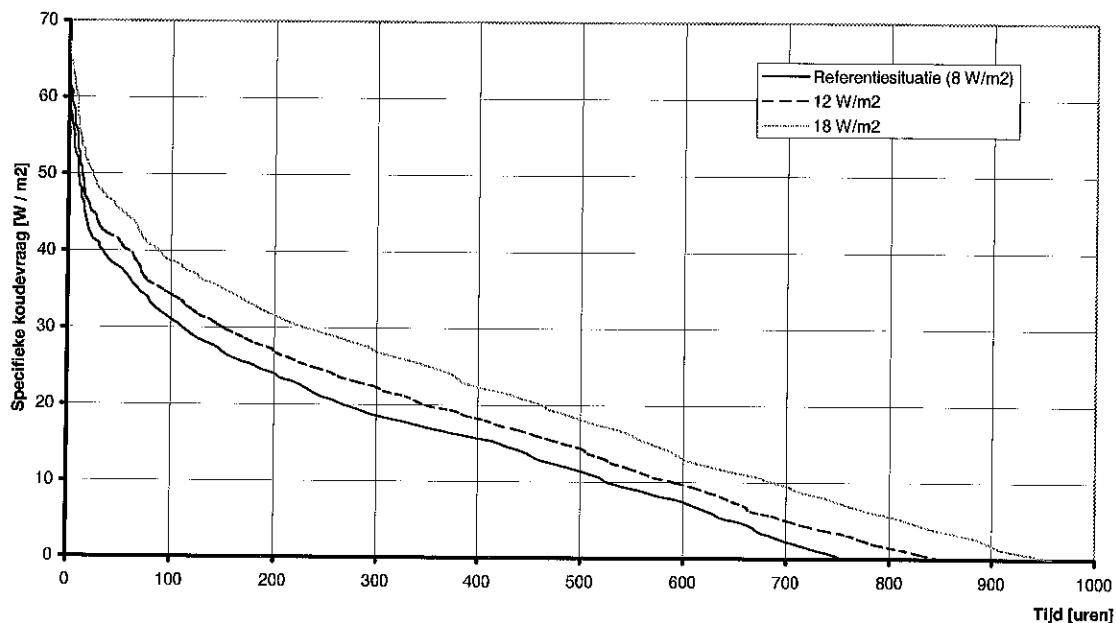
Figuur 13: *Belastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw: invloed zomernachtventilatie*

Overzicht jaarbelastingduurkrommes koudevraag kantoorgebouw (1777 m²)
 ruimtetemperatuur 22 - 23 °C, invloed van extra isolatie



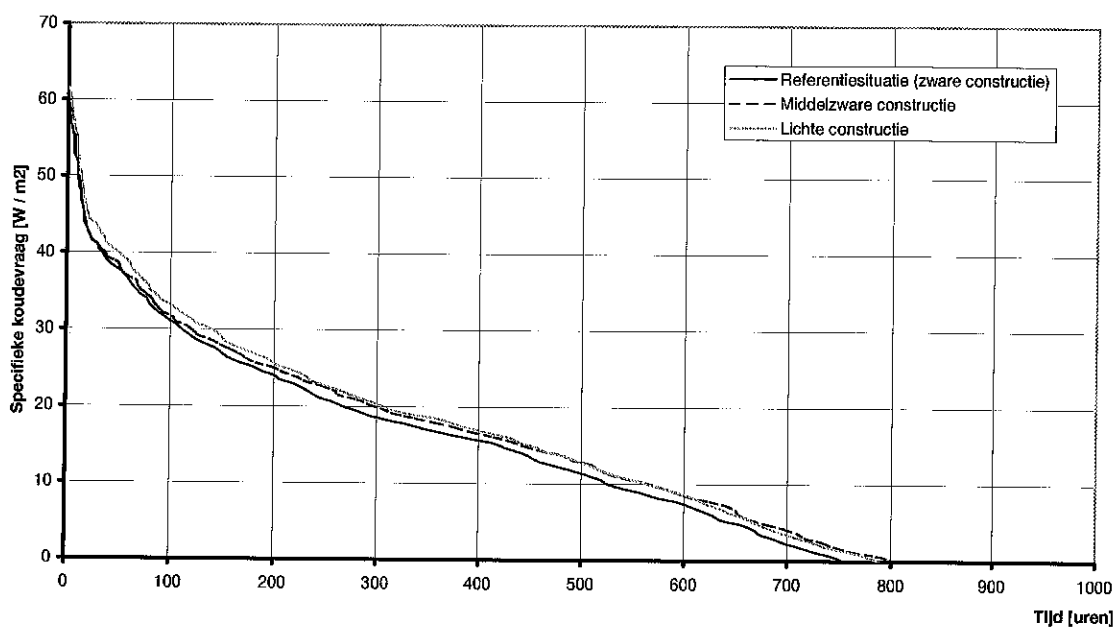
Figuur 14: *Belastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw: invloed isolatie*

Overzicht jaarbelastingduurkrommes koudevraag kantoorgebouw (1777 m²)
 ruimtetemperatuur 22 - 23 °C, invloed van minder efficiënte verlichting



Figuur 15: *Belastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw: invloed verlichting*

Overzicht jaarbelastingduurkrommes koudevraag kantoorgebouw (1777 m²)
 ruimtetemperatuur 22 - 23 °C, invloed van gebouwmassa



Figuur 16: *Belastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw: invloed gebouwmassa*

3.1.6 Samenvatting kantoorgebouw

3.1.6.1 Warmtevraag

In de tabel op de volgende bladzijde zijn de gegevens uit de hiervoor weergegeven belastingduurkrommes nog eens overzichtelijk naast elkaar weergegeven.

Hieronder volgt een korte toelichting op de belastingduurkrommes voor verwarming.

Referentiesituatie

De belastingduurkromme heeft een steil verloop. Er wordt slechts een korte tijd het maximum vermogen gevraagd. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat het kantoorgebouw in de weekenden op een temperatuur van 15 °C wordt gehouden. Hierdoor zijn er op de maandagen kortstondig relatief hoge (opstart)vermogens nodig. Dit komt in de kromme tot uiting in een steil begin.

Tevens valt op dat er relatief een korte tijd warmtevraag is. Dit wordt veroorzaakt doordat het kantoorgebouw relatief lang buiten gebruik is ('s avonds en tijdens de weekenden), waardoor de temperatuur vaak op een lager niveau wordt gehouden.

Invloed van isolatie

Het extra isoleren van het gebouw heeft slechts een kleine invloed op het verloop van de kromme. Ten gevolge van de extra isolatie hoeft de installatie minder vermogen te leveren. Bovendien wordt het aantal uren warmtevraag door extra isolatie gereduceerd. Hierdoor komt de kromme van extra isolatie iets onder die van de referentiesituatie te liggen.

Invloed van warmteterugwinning

Ten gevolge van een hoger rendement van de warmteterugwinning, zal er meer warmte worden teruggewonnen waardoor de externe warmtevraag daalt. Dit resulteert in een lagere BDK bij toenemend rendement voor warmteterugwinning.

Invloed van minder efficiënte verlichting

Door het toepassen van minder efficiënte verlichting wordt de interne warmtelast verhoogd. Hierdoor wordt een gedeelte van de warmtevraag gedekt door deze interne warmtelast, waardoor de (externe) warmtevraag wordt gereduceerd. Hierdoor neemt het aantal uur warmtevraag af. Tevens hoeft de verwarmingsinstallatie minder vermogen te leveren (de interne warmtelast neemt immers een deel voor zijn rekening). Hierdoor komen de krommes voor minder efficiënte verlichting onder die van de referentiesituatie te liggen.

Invloed van gebouwmassa

Door het lichter worden van de constructie, is het "warmte-bufferend" vermogen van het gebouw afgenomen. Hierdoor wordt er minder warmte opgeslagen in de constructie, waardoor de installatie minder vermogen hoeft te leveren. De krommes voor een lichter wordende constructie bevinden zich dan ook onder die van een zware constructie.

Percentage t.o.v. max. warmtevraag	Referentie Rc=3,2, WTW=60% 8 W/m2, zware constr.		Isolatie Rc=4,5		WTW 90%		Verlichting				Gebouwmassa				Nachtverlaging			
	Uren (cum)		Uren (cum)		Uren (cum)		12 W/m2		18 W/m2		Middel		Licht		17,5 °C		20 °C	
	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)
0 - 10	1561	2618	1479	2442	1620	2562	1555	2544	1555	2449	1514	2530	1814	2823	2437	4181	1200	4827
10 - 20	447	1057	424	963	424	942	421	989	390	894	432	1016	444	1009	652	1744	633	3627
20 - 30	281	610	265	539	257	518	263	568	228	504	266	584	232	565	470	1092	736	2994
30 - 40	165	329	140	274	126	261	153	305	143	276	154	318	126	333	227	622	959	2258
40 - 50	83	164	65	134	61	135	73	152	60	133	83	164	105	207	150	395	897	1299
50 - 60	31	81	28	69	28	74	29	79	30	73	28	81	38	102	103	245	309	402
60 - 70	25	50	20	41	21	46	26	50	18	43	28	53	27	64	69	142	65	93
70 - 80	12	25	10	21	12	25	13	24	13	25	12	25	19	37	40	73	25	28
80 - 90	9	13	7	11	9	13	7	11	8	12	9	13	6	18	21	33	0	3
90 - 100	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	11	12	11	12	2	3
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totaal	2618		2442		2562		2544		2449		2530		2823		4181		4827	
Totale warmtevraag [GJ]		324		281		267		299		264		316		303		343		386
primaire energie [GJ]		379		329		312		350		309		369		354		401		451
primaire en. [MJ/m2 jaar]		207		180		170		191		169		202		194		219		246
Aardgas [m3/m2 jaar]		5,8		5,0		4,8		5,3		4,7		5,7		5,4		6,1		6,9
Piek [kW]		280		272		260		274		265		280		254		157		83
Piek prim. Er. [kW]		328		319		304		321		310		328		297		184		97
Piek vermogen [W/m2]		137		133		127		134		129		137		124		77		41
Equivalentie uren vollast		321		287		285		303		277		313		331		607		1292

Tabel 10: Overzicht warmtevraag kantoorgebouw

Toelichting tabel

In de tabel op de vorige bladzijde is voor iedere configuratie van het kantoorgebouw het aantal uur warmtevraag weergegeven per interval van 10 % van het maximaal vermogen. Eveneens is het aantal cumulatieve (opgestelde) uren per configuratie toegevoegd. Met deze gegevens kunnen de belastingduurkrommes worden opgesteld.

Per configuratie is het piekvermogen in kW weergegeven. Dit is de maximale warmtevraag. In iedere belastingduurkromme is de specifieke warmtevraag in W/m^2 op de y-as weergegeven. Als het piekvermogen wordt gedeeld door de oppervlakte van het betreffende gebouw, dan wordt de maximale specifieke warmtevraag gevonden. In de referentiesituatie is het piekvermogen 280 kW, terwijl de oppervlakte van het kantoorgebouw 2048 m^2 is. Het specifieke (maximale) vermogen is dus $280.000 / 2048 = 137 W/m^2$. Uit de kolom met uren volgt dat dit 1 uur per jaar voorkomt. Het eerste punt in de kromme is dan bekend.

Uit de tabel met uren volgt dat de warmtevraag zich in de referentiesituatie 3 uur per jaar bevindt tussen 90 en 100 % van het maximum vermogen. Het maximale vermogen (100 %) komt 1 uur per jaar voor. Dit houdt in dat het vermogen gedurende 4 uur per jaar 90 % van het maximum vermogen is ($=123 W/m^2$) of hoger. Het tweede punt van de belastingduurkromme is hiermee bekend.

Door op deze manier alle intervallen te bekijken, kan de kromme worden opgesteld. De kolom met de cumulatieve uren geeft de opgetelde uren, gerekend vanaf 100 %. Deze kunnen direct gebruikt worden voor het opstellen van de kromme met behulp van de tabel.

3.1.6.2 Koudevraag

In de tabellen op de volgende bladzijde zijn de gegevens uit de hierboven weergegeven belastingduurkrommes nog eens overzichtelijk naast elkaar weergegeven.

Hieronder volgt een korte toelichting op de belastingduurkrommes voor koeling.

Referentiesituatie

De belastingduurkromme heeft een verloop zonder markante punten. Bij verlaging van de ruimtetemperatuur naar 22 - 23 °C neemt het aantal uur koelvraag aanzienlijk toe.

Invloed van zomernachtventilatie

Zomernachtventilatie heeft een grote invloed op het verloop van de kromme. Het effect is groot doordat het gebouw vanaf 18.00 uur buiten gebruik is. Hierdoor kan over een lange periode zomernachtventilatie worden toegepast. Dit vergroot het effect.

Bovendien wordt het gebouw al relatief vroeg in gebruik genomen (8.00 uur). Door de relatief vroege in gebruik name van het gebouw, wordt direct het effect benut.

Invloed van isolatie

Extra isolatie vergroot het aantal uren koelvraag. De warmte in het gebouw wordt door de extra isolatie langer vastgehouden, hetgeen de koelvraag en het aantal uren koelvraag vergroot. Het effect van extra isolatie op de koelvraag wordt groter naarmate het gebouw langer in bedrijf is. Dit wordt veroorzaakt doordat koeling alleen wordt ingezet ten tijde dat het gebouw in gebruik is. Als het gebouw langer open is, zal het effect van extra isolatie langer merkbaar zijn.

Invloed van minder efficiënte verlichting

Door minder efficiënte verlichting wordt de interne warmtelast groter. Ook wordt het aantal uur koudevraag vergroot. Beide effecten zijn in de krommes waar te nemen. Het effect van minder efficiënte verlichting is groter naarmate het gebouw langer in bedrijf is.

Invloed van gebouwmassa

Door een kleinere gebouwmassa neemt de koelvraag toe. De in- en externe warmte kan voor een kleiner deel worden geaccumuleerd in de constructie en komt dus sneller vrij in de ruimtes. Dit geeft een groter aantal uren en een hogere koudevraag.

Percentage t.o.v. max. koudevraag	Referentie Rc=3,2, WTW=60% 8 W/m2, zware constr.		Zomernacht- ventilatie		Isolatie Rc=4,5		Verlichting				Gebouwmassa			
	Uren (cum)		Uren (cum)		Uren (cum)		12 W/m2		18 W/m2		Middel		Licht	
	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)
0 - 10	101	101	49	49	115	115	99	99	133	133	86	86	96	96
10 - 20	100	201	25	74	103	218	112	211	118	251	99	185	102	198
20 - 30	55	256	20	94	81	299	76	287	89	340	71	256	77	275
30 - 40	72	328	12	106	74	373	76	363	100	440	73	329	85	360
40 - 50	39	367	17	123	64	437	66	429	83	523	43	372	47	407
50 - 60	26	393	17	140	27	464	27	456	41	564	29	401	28	435
60 - 70	19	412	15	155	26	490	24	480	30	594	20	421	25	460
70 - 80	17	429	7	162	15	505	18	498	22	616	18	439	15	475
80 - 90	4	433	7	169	3	508	3	501	4	620	3	442	2	477
90 - 100	7	440	3	172	7	515	7	508	7	627	7	449	8	485
100	1	441	1	173	1	516	1	509	1	628	1	450	1	486
Totaal	441		173		516		509		628		450		486	
Totale koudevraag [GJ]	39,1		15,9		47,7		50,1		69,0		43,1		47,3	
primaire energie [GJ]	20,7		8,4		25,2		26,5		36,5		22,8		25,0	
primaire en. [MJ/m2.jaar]	11,3		4,6		13,8		14,5		19,9		12,5		13,7	
Aardgas [m3/m2.jaar]	0,32		0,13		0,39		0,41		0,56		0,35		0,38	
Piek [kW]	86,2		77,8		89,9		93,4		102,3		89,4		92,2	
Piek prim. En. [kW]	45,6		41,2		47,6		49,4		54,1		47,3		48,8	
Piekvermogen [W/m2]	48,5		43,8		50,6		52,6		57,6		50,3		51,9	
Equivalente uren vollast	126		57		147		149		187		134		143	

Tabel 11: Overzicht koudevraag kantoorgebouw bij een ruimtetemperatuur van 24 - 25 °C

Percentage van max. koudevraag	Referentie Re=3,2, WTW=60% 8 W/m2, zware constr.		Zomernacht-ventilatie		Isolatie Re=4,5		Verlichting				Gebouwmassa			
	Uren (cum)		Uren (cum)		Uren (cum)		12 W/m2		18 W/m2		Middel		Licht	
	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)
0 - 10	125	754	108	466	166	846	184	850	193	958	149	803	142	788
10 - 20	138	629	69	358	146	680	135	666	170	765	137	654	136	646
20 - 30	157	491	70	289	144	534	144	531	134	595	159	517	150	510
30 - 40	128	334	74	219	155	390	147	387	161	461	136	358	141	360
40 - 50	88	206	48	145	102	235	102	240	130	300	100	222	94	219
50 - 60	51	118	33	97	64	133	67	138	84	170	54	122	55	125
60 - 70	37	67	29	64	39	69	41	71	49	86	44	68	39	70
70 - 80	17	30	22	35	17	30	16	30	24	37	11	24	17	31
80 - 90	6	13	5	13	6	13	6	14	5	13	6	13	5	14
90 - 100	6	7	7	8	6	7	7	8	7	8	6	7	8	9
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totaal	754		466		846		850		958		803		788	
Totale koudevraag [GJ]	84,8		49,6		94,9		99,7		124,8		89,7		93,6	
primaire energie [GJ]	44,9		26,2		50,2		52,8		66,0		47,5		49,5	
primaire en. [MJ/m2_jaar]	24,5		14,3		27,4		28,8		36,1		25,9		27,1	
Aardgas [m3/m2_jaar]	0,69		0,40		0,77		0,81		1,01		0,73		0,76	
Piek [kW]	104,1		95,2		105,7		110,2		119,4		105,9		109,3	
Piek prim. En. [kW]	55,1		50,4		55,9		58,3		63,2		56,0		57,8	
Piekvermogen [W/m2]	58,6		53,6		59,5		62,0		67,2		59,6		61,5	
Equivalentie uren vollast	226		145		249		251		290		235		238	

Tabel 12: Overzicht koudevraag kantoorgebouw bij een ruimtetemperatuur van 22 - 23 °C

3.2 Klinisch gezondheidsgebouw

3.2.1 Algemene omschrijving gebouw

Opmerking

Alhoewel de naam van het gebouw wellicht doet vermoeden dat het hier gaat om een ziekenhuis, moet vermeld worden dat het hier geenszins een ziekenhuis betreft. Het is een woongemeenschap voor gehandicapte of psychiatrische patiënten.

Het behandelde klinisch gezondheidszorggebouw bestaat uit een gemeenschappelijke woonkamer, keuken, sanitaire ruimtes en uit in totaal 12 éénpersoons slaapkamers. Het gebouw bevat 2 verdiepingen: een verdieping met woon- en slaapkamers, de keuken en sanitaire ruimtes en een bovenverdieping die niet geschikt is voor bewoning. De totale oppervlakte van het gebouw is 1011 m², bij een totale inhoud van 2426 m³. Van deze oppervlakte wordt 506 m² verwarmd (alleen de beneden verdieping), terwijl een oppervlakte van 135 m² wordt gekoeld (alleen woonkamer).

Het gezondheidszorggebouw is onlangs gebouwd en voldoet aan de EP voor utiliteitsgebouwen. De EP-coëfficiënt is 1,59, terwijl de destijds geldende eis 2,00 was. Dit resulteert in een Q pres. totaal/Q pres. toelaatbaar van 0,80.

De primaire energiegebruiken in MJ volgens de EP-berekening zijn als volgt:

Qprim. Verwarming	308708
Qprim. Ventilatoren	3208
Qprim. Verlichting	77782
Qprim. Pompen	5474
Qprim. warm tapwater	2733

Tabel 13: *Energiegebruiken klinisch gezondheidszorggebouw in MJ*

De ramen bestaan uit dubbel glas ($U=2,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$). De gevels, de vloer en het dak hebben een Rc-waarde van 2,5 m² K/W. Ventilatie in het gebouw vindt plaats met natuurlijke toevoer en mechanische afvoer. Er is geen warmteterugwinningsinstallatie aanwezig. Verwarming vindt plaats door middel van een HR ketel. Het gebouw is **niet** voorzien van een koelinstallatie. De openingstijden van het gebouw zijn van 07.00 tot 23.00 uur, gedurende 7 dagen per week en 52 weken per jaar.

Gebruikte bouwmaterialen

In TRNSYS zijn de gegevens ingevoerd zoals deze zijn weergegeven op de bouwtekeningen van het betreffende klinische gezondheidszorggebouw. De toegepaste gevels bestaan uit een afdeklaag, binnenspouwblad van metselstenen, isolatiemateriaal, een luchtpouw en een buitenspouwblad van metselstenen.

De begane grond bestaat uit een afdeklaag, grindbeton en isolatie. Onder de vloer is een kruipruimte. De verdiepingsvloeren bestaan uit een afdeklaag en grindbeton. Het dak is opgebouwd uit multiplex, isolatiemateriaal, een luchtpouw en dakpannen.

De binnenmuren zijn opgebouwd uit een lichte wandconstructie. Alle ramen hebben een U-waarde van 2,7 W/m² K, met een zontoetredingsfactor van 78 %. De ramen zijn niet voorzien van zonweringen.

Interne warmtelast

Ten aanzien van de interne warmtelast zijn de gegevens gebruikt zoals deze zijn weergegeven in de NEN 5128 "Energieprestatie van woningen en woongebouwen - Bepalingsmethode". Formeel is dit niet juist omdat het betreffende gebouw geen woning maar een utiliteitsgebouw is. Omdat dit gebouw alleen maar bestaat uit vertrekken die ook in een woning voorkomen, (keuken, woon- en slaapkamer) is het ons inziens rechtvaardig om de bovengenoemde norm als uitgangspunt te nemen voor de bepaling van de interne warmtelast. Bij de simulaties is gebruik gemaakt van het onderstaande schema voor de bepaling van de interne warmtelast.

Tijd	Warmtelast woonzone 7 dagen per week [W/m ²]	Warmtelast slaapzone 5 dagen per week [W/m ²]	Warmtelast slaapzone 2 dagen per week [W/m ²]
07.00 - 17.00 uur	8	2	1
17.00 - 23.00 uur	20	4	1
23.00 - 07.00 uur	2	6	6

Tabel 14: *Interne warmtelasten klinisch gezondheidszorggebouw*

Onder de woonzone vallen de woonkamer, de keuken, de bijkeuken en een kantoor; onder de slaapzone vallen de slaapkamers en de badkamers.

Opmerking

Bij de warmtelast voor de woonzone tussen 17.00 uur en 23.00 uur is een hoeveelheid van 12 W/m² verdisconteerd voor de verlichting.

Infiltratievoud

Ten aanzien van de infiltratie is gerekend met een waarde van 0,03 dm³/s m². Dit resulteert in een infiltratievoud van 0,035 op de begane grond en van 0,064 op de eerste verdieping. Gerekend is dat er altijd een constante infiltratie is.

Ventilatievoud

Bij de simulaties is voor de ventilatievoud een schema aangehouden. Hieronder is het schema voor de ventilatievoud weergegeven.

Tijd	Ventilatievoud woonzone [-]	Ventilatievoud slaapzone [-]
00.00 - 06.00 uur	0	1,21
0.600 - 16.00 uur	0	0
16.00 - 23.00 uur	1,21	0
23.00 - 24.00 uur	0	1,21

Tabel 15: *Ventilatievouden klinisch gezondheidszorggebouw*

Gegevens koelinstallatie

Alhoewel het klinisch gezondheidszorggebouw in werkelijkheid niet is voorzien van een koelinstallatie, is er, om toch koudevraag patronen te genereren, in alle simulaties wel een koelmachine ingezet.

De koelinstallatie is zodanig ingezet dat hij inschakelt zodra de temperatuur in een ruimte de 25 °C overschrijdt. Als de temperatuur is gedaald tot 24 °C schakelt de koelinstallatie zich weer uit. Het in TRNSYS ingezette koelvermogen is groot genoeg om op de warmste dag van het jaar een temperatuur tussen 24 en 25 °C te behalen.

De koelinstallatie is alleen in de woonzone ingezet. De slaapzones zijn wat betreft koeling buiten beschouwing gelaten vanwege het feit dat verwacht mag worden dat er 's nachts zelden temperaturen die hoger zijn dan 25 °C zullen worden bereikt.

Eveneens zijn er simulaties uitgevoerd waarbij de koeling wordt ingeschakeld bij een temperatuur van 23 °C. In deze situatie schakelt de installatie zich bij een temperatuur van 22 °C weer uit.

Gegevens verwarmingsinstallatie

Voor de te hanteren temperaturen in de diverse vertrekken is gebruik gemaakt van de NEN 5128. Hieronder zijn deze temperaturen weergegeven.

Tijd	Temperatuur woonzone [°C]	Temperatuur slaapzone [°C], 2 dagen per week	Temperatuur slaapzone [°C], 5 dagen per week
07.00 - 17.00 uur	19	19	16
17.00 - 23.00 uur	21	21	16
23.00 - 07.00 uur	16	16	14

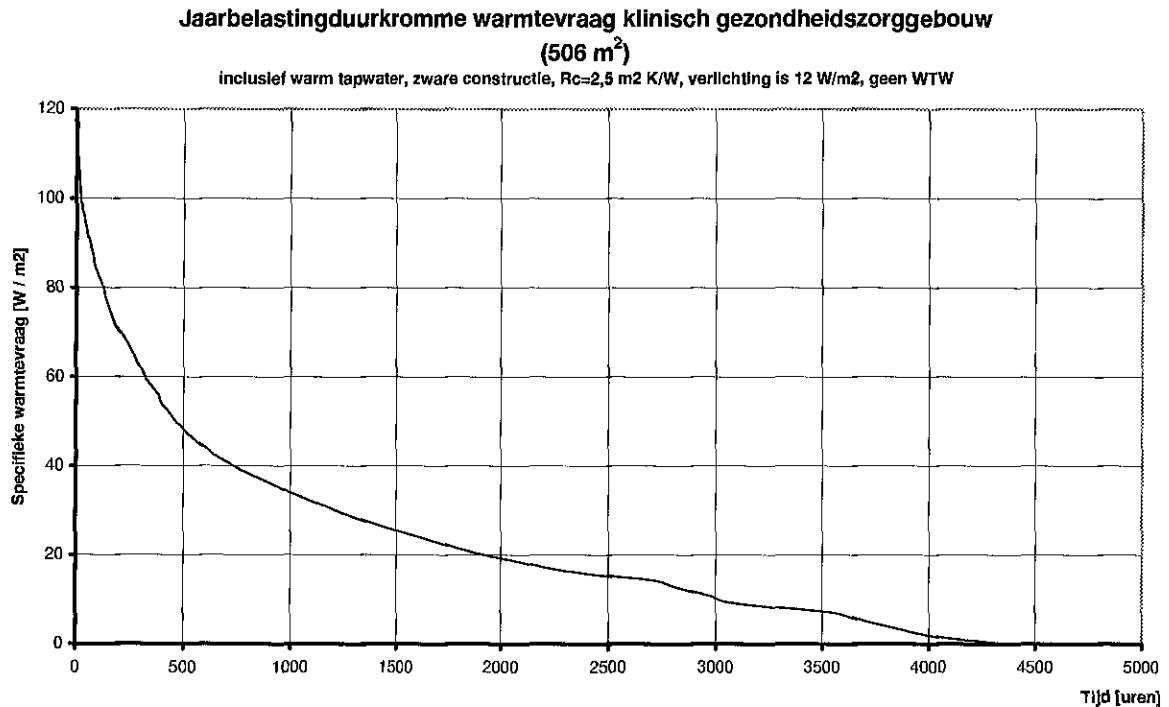
Tabel 16: *Temperatuurniveaus klinisch gezondheidszorggebouw*

De verwarmingsinstallatie is zodanig ingezet dat de bovenstaande temperaturen gedurende de weergegeven tijden minimaal behaald kunnen worden (In de zomerperiode zullen wellicht overschrijdingen van deze temperaturen optreden, zie gegevens koelinstallatie).

Verwarming tapwater

De benodigde hoeveelheid energie voor het verwarmen van het tapwater is in de referentiesituatie opgenomen in de totale berekende warmtevraag. Hiervoor is gebruik gemaakt van het basistappatroon zoals dat is weergegeven in de bijlagen van de NEN 5128. Verondersteld is dat dit een tappatroon is dat geldt voor een huishouden van 3 personen. De bovengenoemde gegevens zijn lineair geëxtrapoleerd teneinde ze te laten gelden voor dit gebouw (met 12 personen). Ten aanzien van het totale warm tapwater verbruik is verondersteld dat dit op 4 tijdstippen per dag wordt afgenomen.

3.2.1.1 Warmtevraag referentiesituatie



Figuur 17: *Belastingduurkromme warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw referentiesituatie (met warm tapwater)*

Hieronder zijn de resultaten van de simulatie met enkele aanvullende berekeningen in tabelvorm weergegeven.

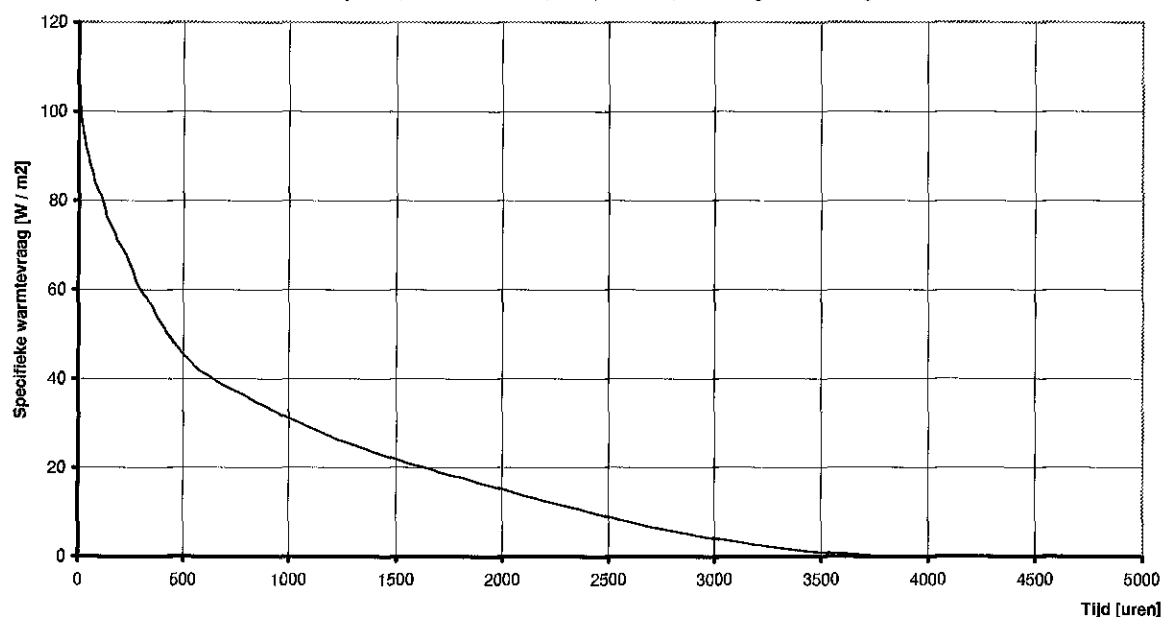
Warmtevraag [GJ]	Uur	primaire energie [GJ]	primaire energie [m ³ aardgas/m ² jaar]	Piek [kW]	Piek primaire energie [kW]	Piekvermogen [W/m ²]	Equivalente uren vollast
187	4379	245	13,6	60	70	119	866

Tabel 17: *Warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw referentiesituatie, inclusief warm tapwater*

Bij de warmtevraag van de in dit rapport behandelde gebouwen is niet altijd warm tapwater opgenomen. Om de verschillende gebouwen onderling met elkaar te kunnen vergelijken, is van het klinisch gezondheidszorggebouw ook de warmtevraag zonder warm tapwater bepaald.

**Jaarbelastingduurkromme warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw
(506 m²)**

zonder warm tapwater, zware constructie, Rc=2,5 m² K/W, verlichting is 12 W/m², geen WTW



Figuur 18: *Belastingduurkromme warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw referentiesituatie (zonder warm tapwater)*

Hieronder zijn de resultaten van de simulatie met enkele aanvullende berekeningen in tabelvorm weergegeven.

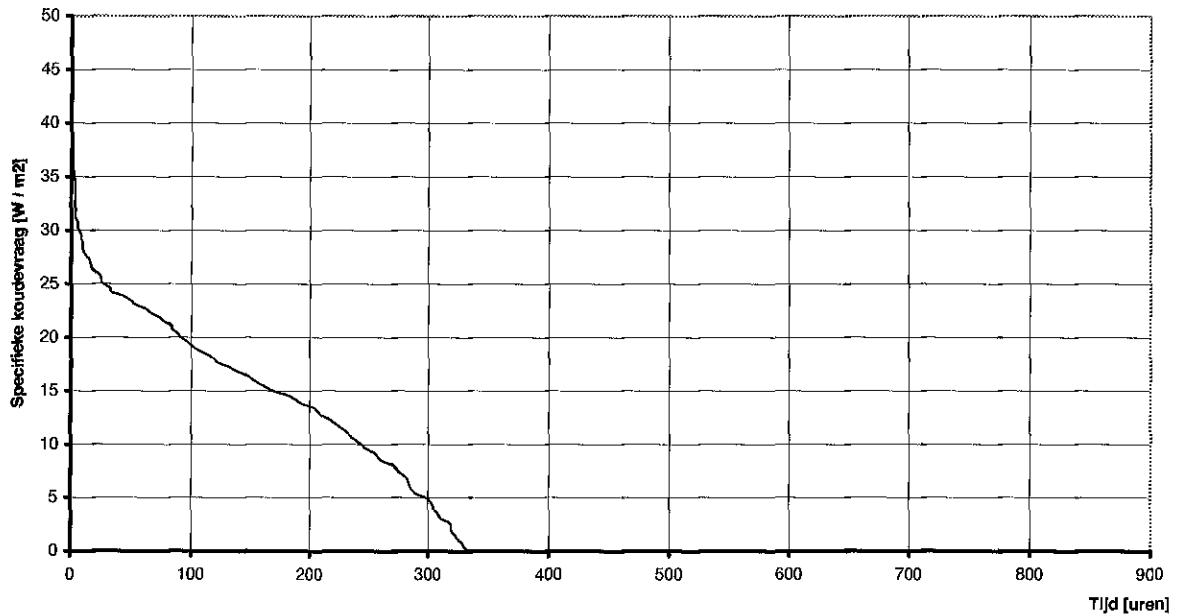
Warmtevraag [GJ]	Uur	primaire energie [GJ]	primaire energie [m ³ aardgas/m ² jaar]	Piek [kW]	Piek primaire energie [kW]	Piekvermogen [W/m ²]	Equivalente uren vollast
154	3792	180	10,0	55	65	110	772

Tabel 18: *Warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw referentiesituatie, zonder warm tapwater*

3.2.1.2 Koudevraag referentiesituatie

De simulaties voor de koudevraag in de referentiesituatie zijn op 2 manieren uitgevoerd. In de eerste situatie is gesimuleerd met een ruimtetemperatuur van 24 - 25 °C; in het andere geval is gesimuleerd met een ruimtetemperatuur van 22 - 23 °C. Van beide simulaties zijn belastingduurkrommes weergegeven.

Jaarbelastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw (135 m²)
 Ruimtetemperatuur 24 - 25 °C, zware constructie, Rc=2,5 m² K/W, verlichting is 12 W/m², geen WTW



Figuur 19: *Belastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw referentiesituatie*

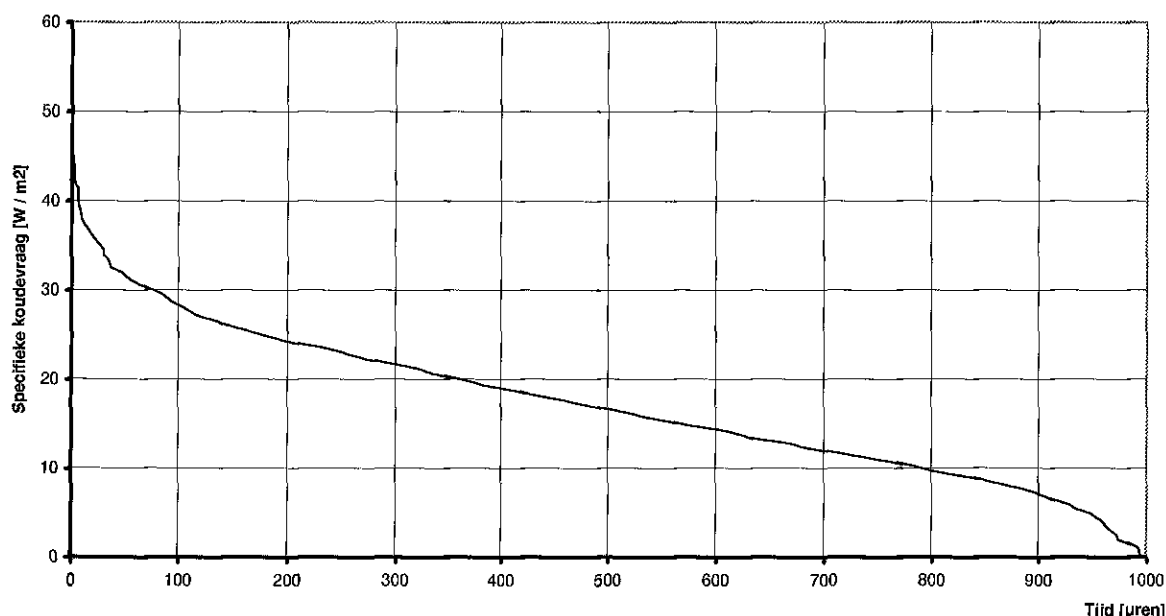
Hieronder zijn de resultaten van de simulatie met enkele aanvullende berekeningen in tabelvorm weergegeven.

Koudevraag [GJ]	Uur	primaire energie [GJ]	primaire energie [m ³ aardgas/m ² jaar]	Piek [kW]	Piek primaire energie [kW]	Piekvermogen [W/m ²]	Equivalente uren vollast
2,4	334	1,3	0,27	5,2	2,8	38,6	130

Tabel 19: *Koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw referentiesituatie bij ruimtetemperatuur 24 - 25 °C*

Jaarbelastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw (135 m²)

Ruimtetemperatuur 22 - 23 °C, zware constructie, Rc=2,5 m² K/W, verlichting is 12 W/m², geen WTW



Figuur 20: Belastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw referentiesituatie

Hieronder zijn de resultaten van de simulatie met enkele aanvullende berekeningen in tabelvorm weergegeven.

Koudevraag [GJ]	Uur	primaire energie [GJ]	primaire energie [m ³ aardgas/m ² jaar]	Piek [kW]	Piek primaire energie [kW]	Piekvermogen [W/m ²]	Equivalente uren vollast
7,7	996	4,1	0,85	6,6	3,5	49,2	324

Tabel 20: Koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw referentiesituatie bij ruimtetemperatuur 22 - 23°C

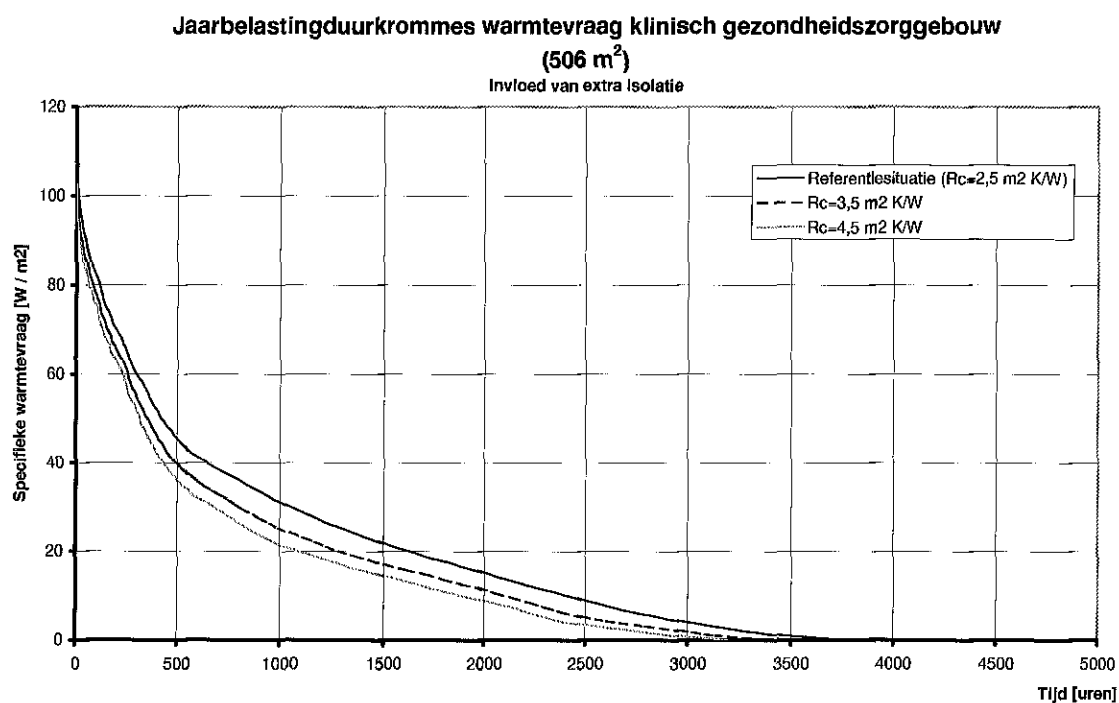
3.2.2 Veranderingen in de warmtevraag

De warmtevraag is afhankelijk van vele factoren. Een aantal factoren is bestudeerd. Deze bestudeerde factoren zijn:

- Extra isolatie (Rc=3,5 en 4,5 m² K/W);
- Warmteterugwinning uit ventilatielucht (rendement 60 en 90 %);
- Minder efficiënte verlichting (18 W/m²);
- Kleinere gebouwmassa (middelzware en lichte soorten beton en bakstenen).

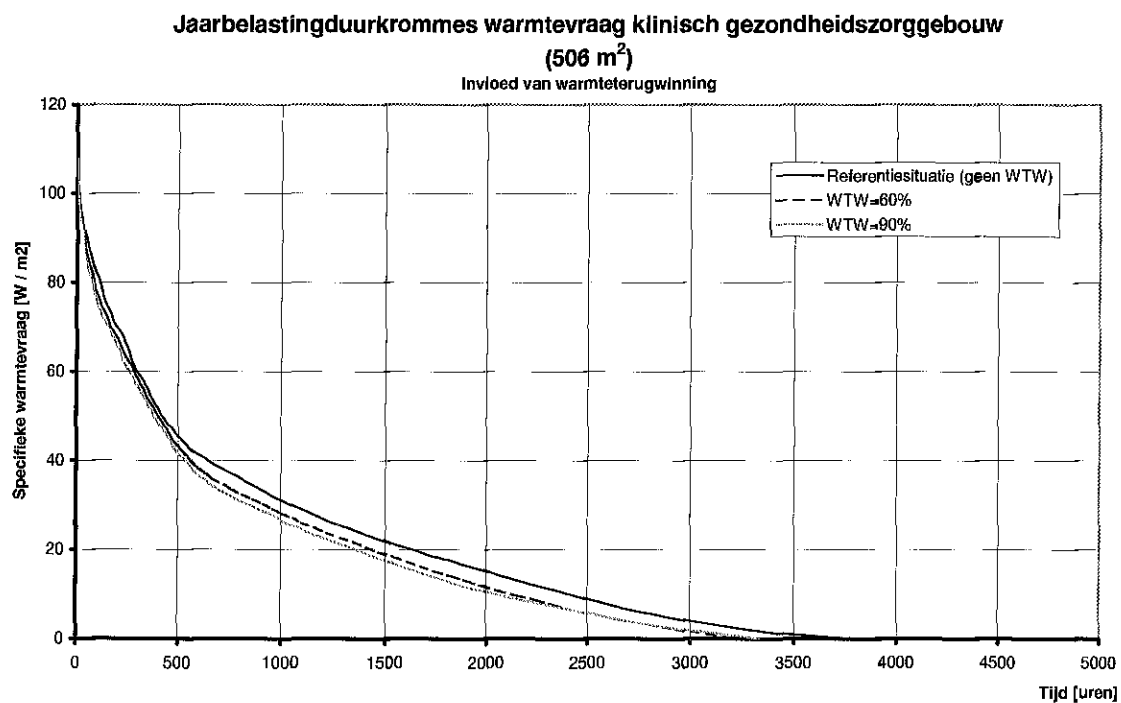
In de onderstaande 4 grafieken zijn de effecten van de hierboven genoemde maatregelen in de vorm van belastingduurkrommes weergegeven. Bij al deze krommes is de warmtevraag voor warm tapwater **niet** in het patroon opgenomen.

3.2.2.1 Invloed extra isolatie



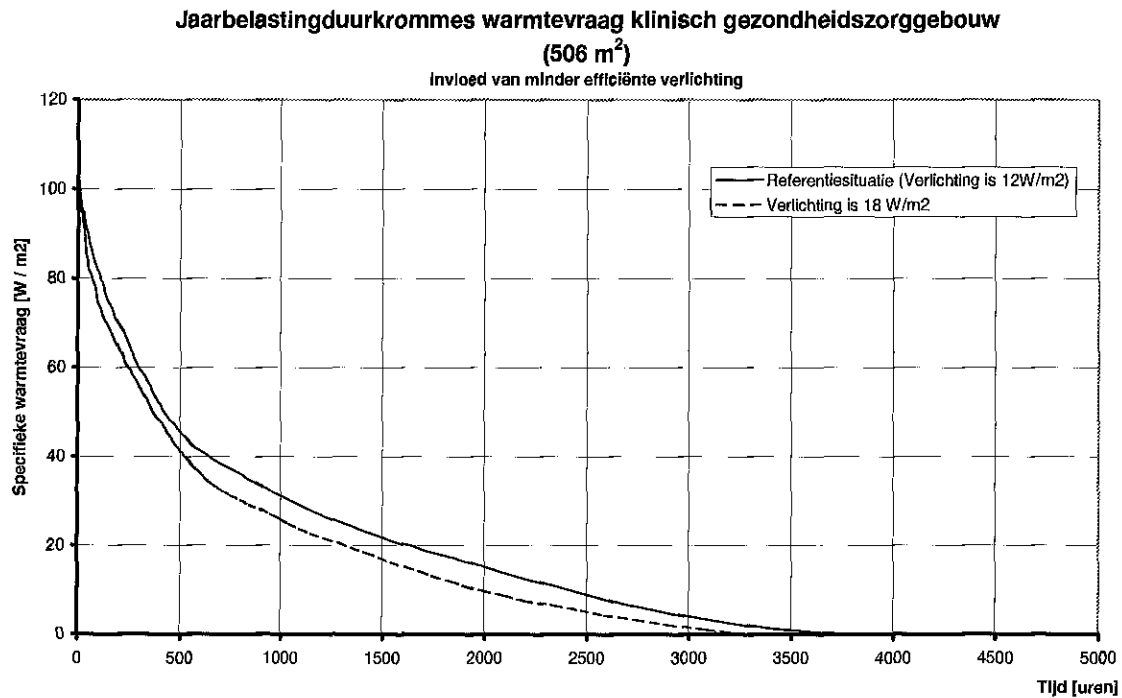
Figuur 21: *Belastingduurkromme warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw: invloed isolatie*

3.2.2.2 Invloed warmteterugwinning



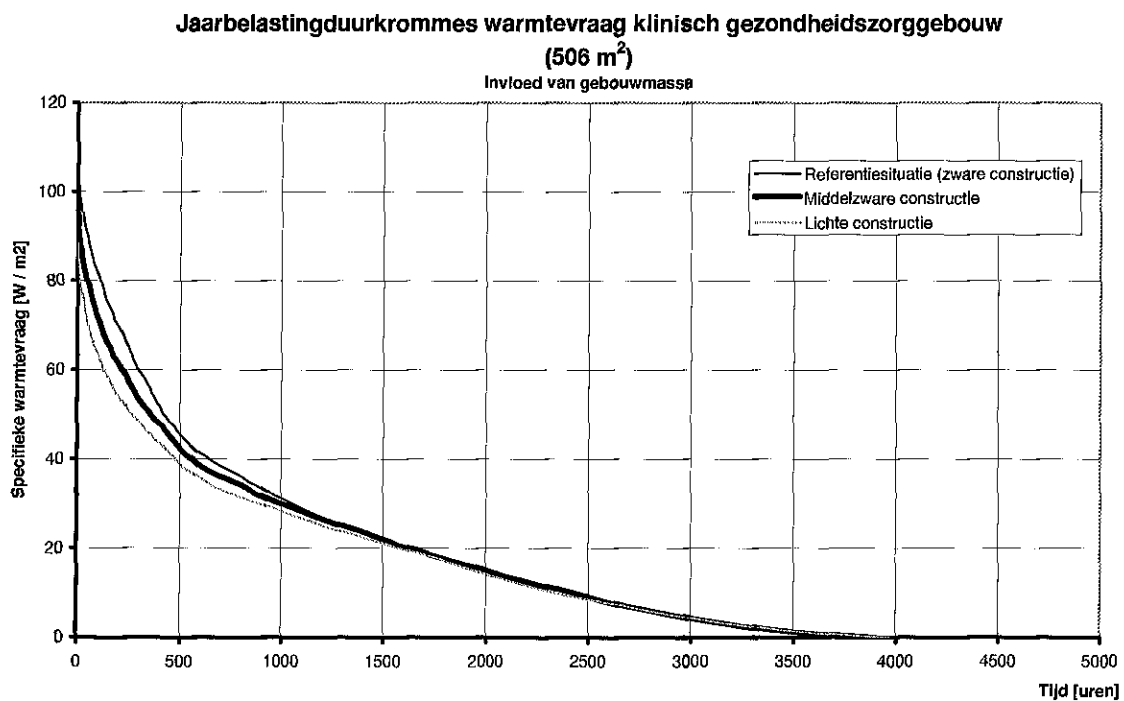
Figuur 22: *Belastingduurkromme warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw: invloed warmteterugwinning*

3.2.2.3 Invloed van minder efficiënte verlichting



Figuur 23: Belastingduurkromme warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw: invloed verlichting

3.2.2.4 Invloed gebouwmassa



Figuur 24: Belastingduurkromme warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw: invloed gebouwmassa

3.2.3 Veranderingen in de koudevraag

De koudevraag is afhankelijk van vele factoren. Een aantal van deze factoren is bestudeerd. De bestudeerde factoren zijn:

- Zomernachtventilatie;
- Buitenzonwering;
- Extra isolatie ($R_c=3,5$ en $4,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$);
- Het toepassen van efficiënte en minder efficiënte verlichting (8 en 18 W/m^2);
- Kleinere gebouwmassa (middelzware en lichte soorten beton en baksteen);
- Ruimtetemperatuur ($22 - 23 \text{ }^\circ\text{C}$).

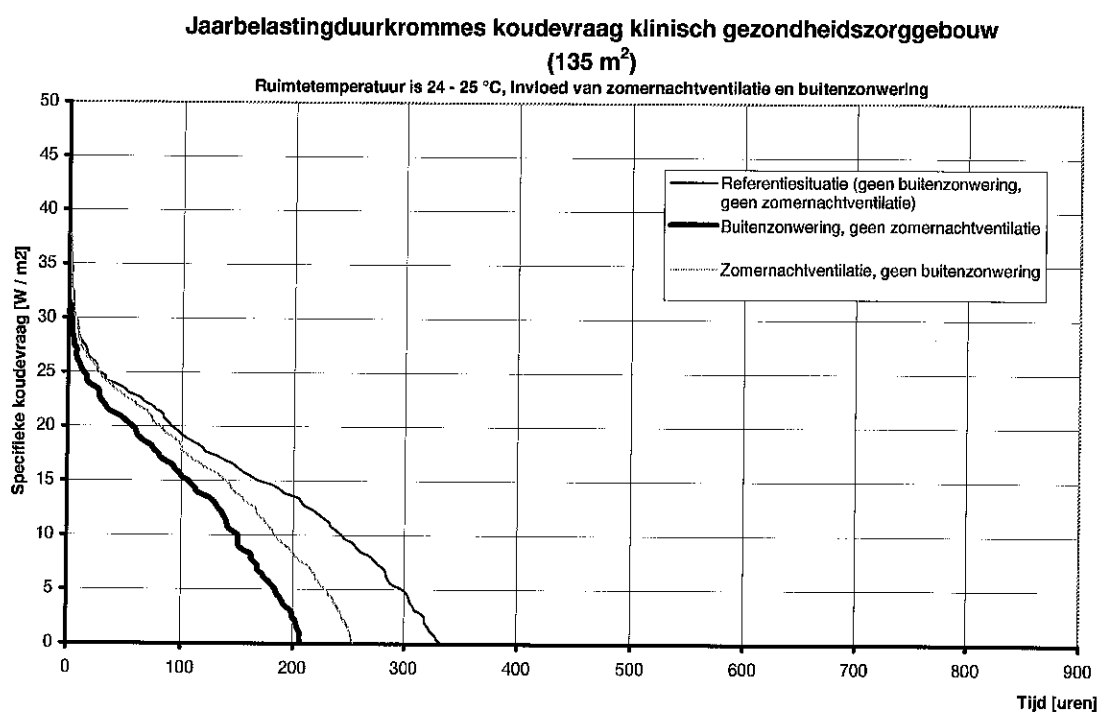
3.2.3.1 Invloed zomernachtventilatie en buitenzonwering

Ten aanzien van zomernachtventilatie is gerekend met de onderstaande ventilatievouden:

Buitemtemperatuur	Ventilatievoud
Lager dan $12 \text{ }^\circ\text{C}$	0
Tussen 12 en $15 \text{ }^\circ\text{C}$	0,6
Tussen 15 en $18 \text{ }^\circ\text{C}$	1,2
Hoger dan $18 \text{ }^\circ\text{C}$	0

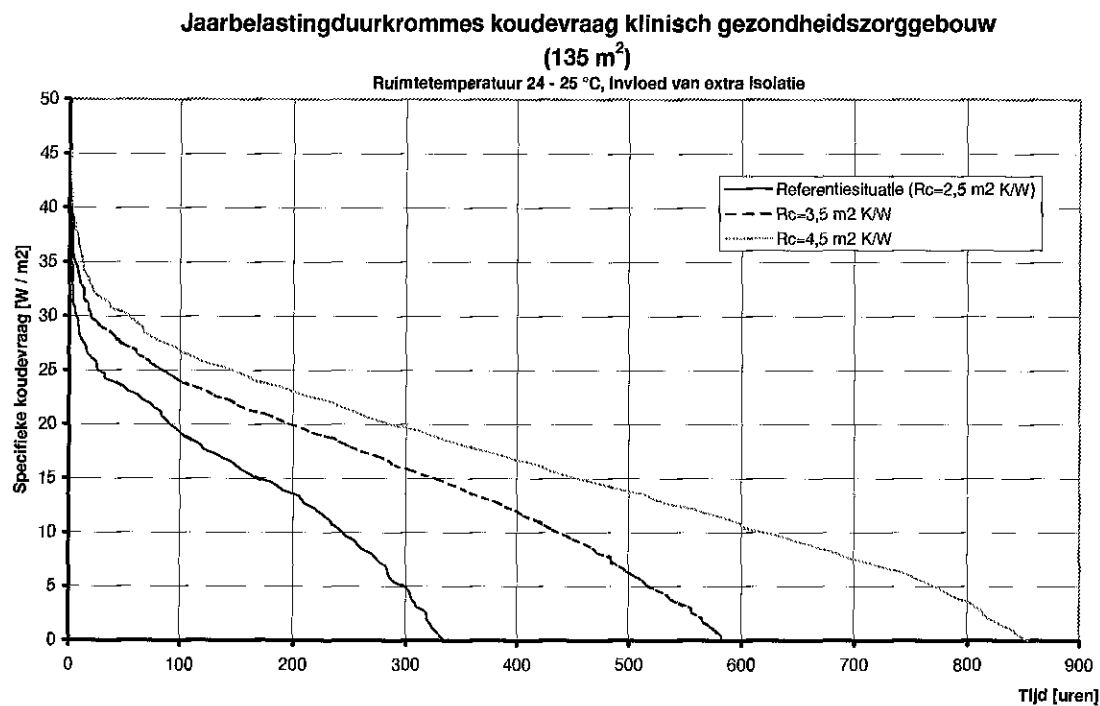
Tabel 21: Ventilatievouden zomernachtventilatie klinisch gezondheidszorggebouw

Ten aanzien van buitenzonweringen is verondersteld dat deze naar beneden worden gedaan zodra de directe zonnestraling op het betreffende venster een waarde van 400 W/m^2 heeft bereikt.



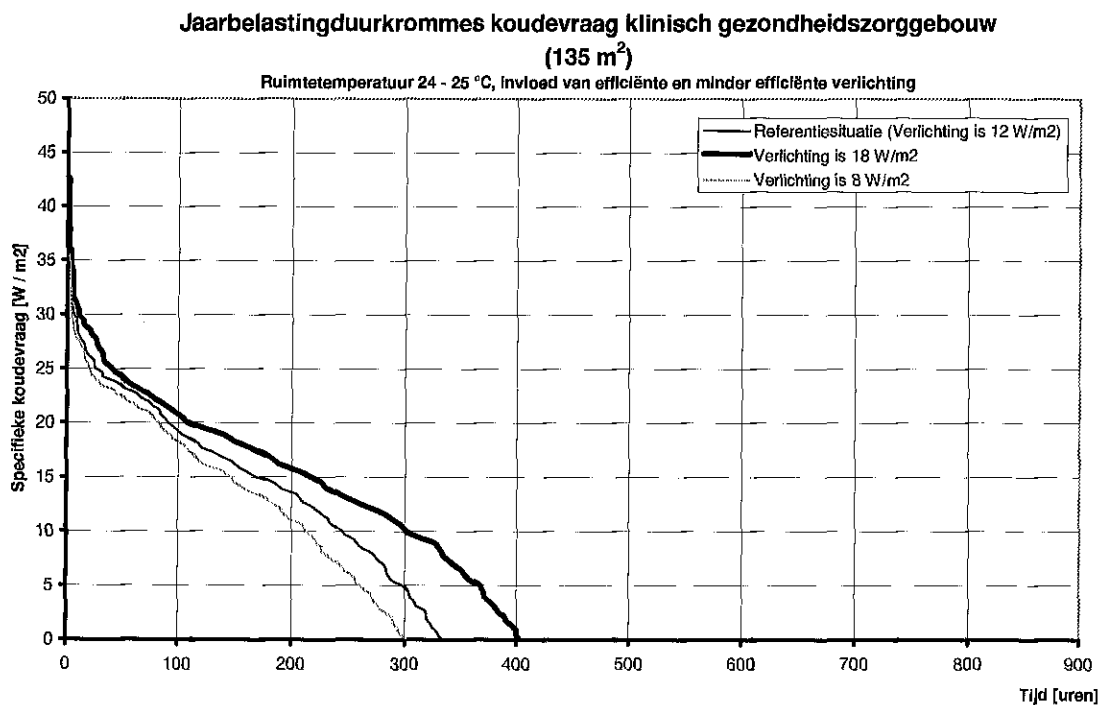
Figuur 25: Belastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw: invloed van zomernachtventilatie en buitenzonwering

3.2.3.2 Invloed extra isolatie



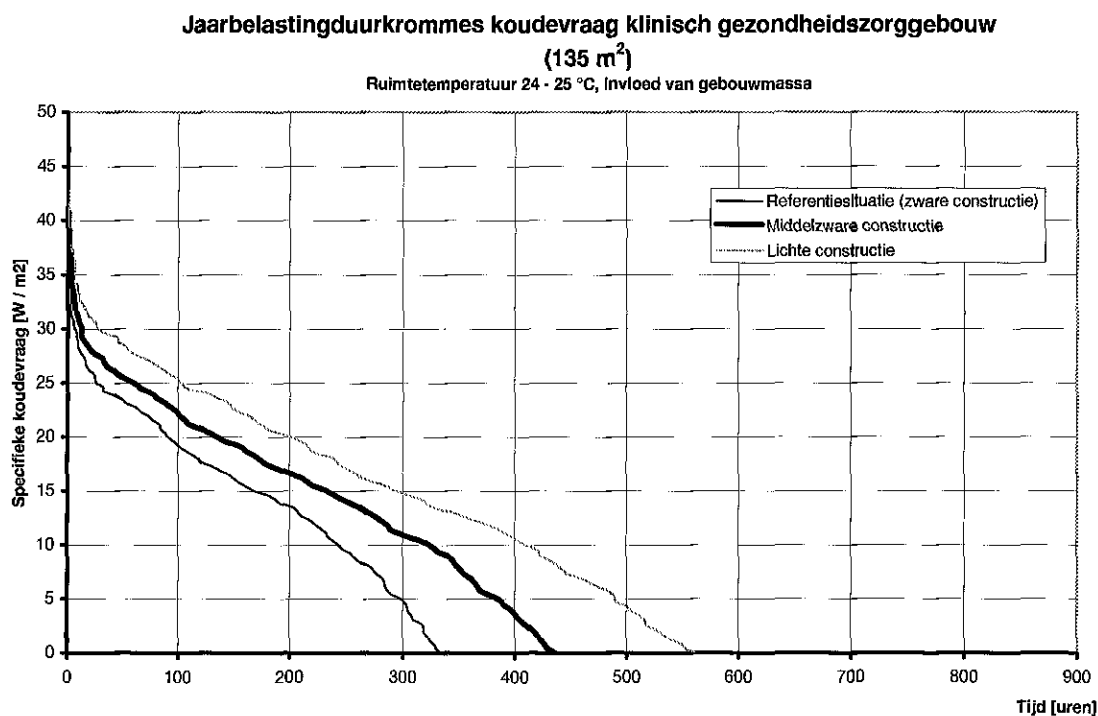
Figuur 26: Belastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw: invloed isolatie

3.2.3.3 Invloed efficiënte en minder efficiënte verlichting



Figuur 27: Belastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw: invloed verlichting

3.2.3.4 Invloed gebouwmassa



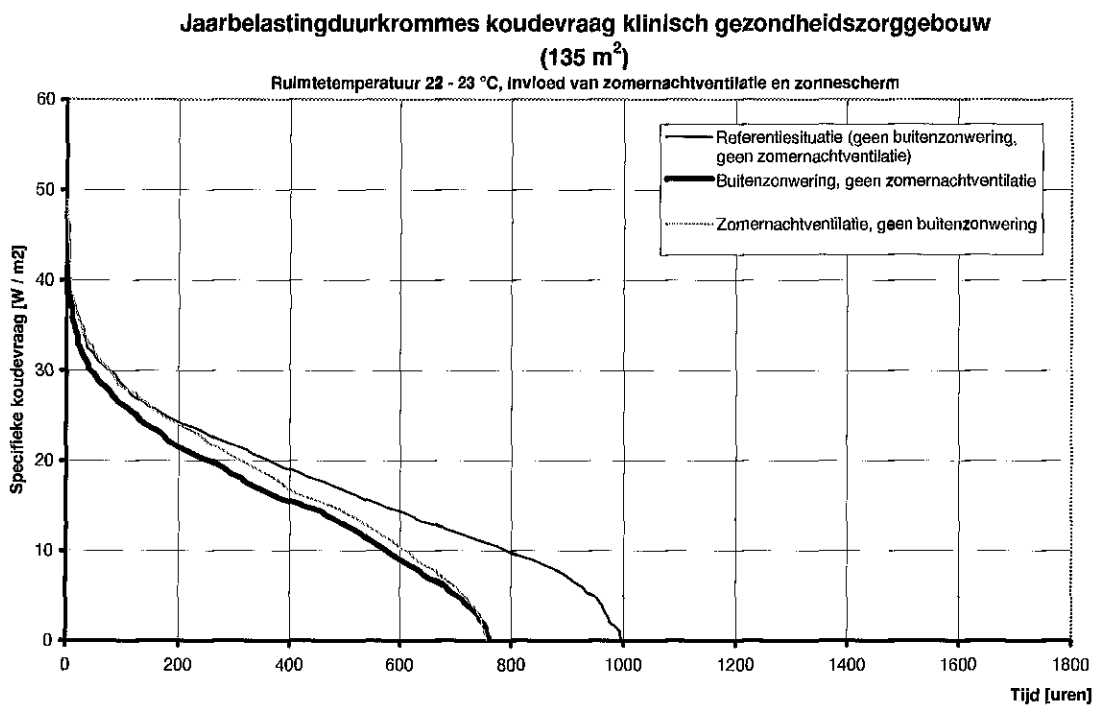
Figuur 28: Belastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw: invloed gebouwmassa

3.2.3.5 Invloed ruimtetemperatuur 22 - 23 °C

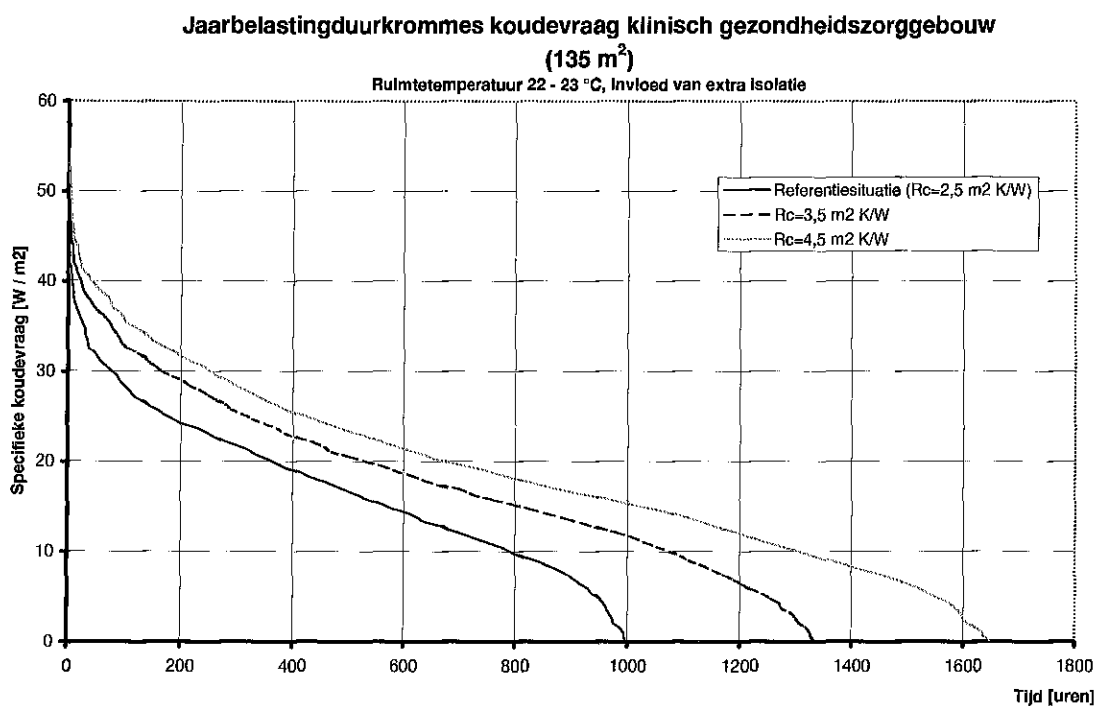
Het effect van verlaging van de ruimtetemperatuur naar 22 - 23 °C op de totale koudevraag is doorgerekend voor een aantal varianten. Deze varianten zijn:

- Zomernachtventilatie;
- Buitenzonwering;
- Extra isolatie ($R_c=3,5$ en $4,5$ m² K/W);
- Het toepassen van efficiënte en minder efficiënte verlichting (8 en 18 W/m²);
- Kleinere gebouwmassa (middelzware en lichte soorten beton en baksteen);

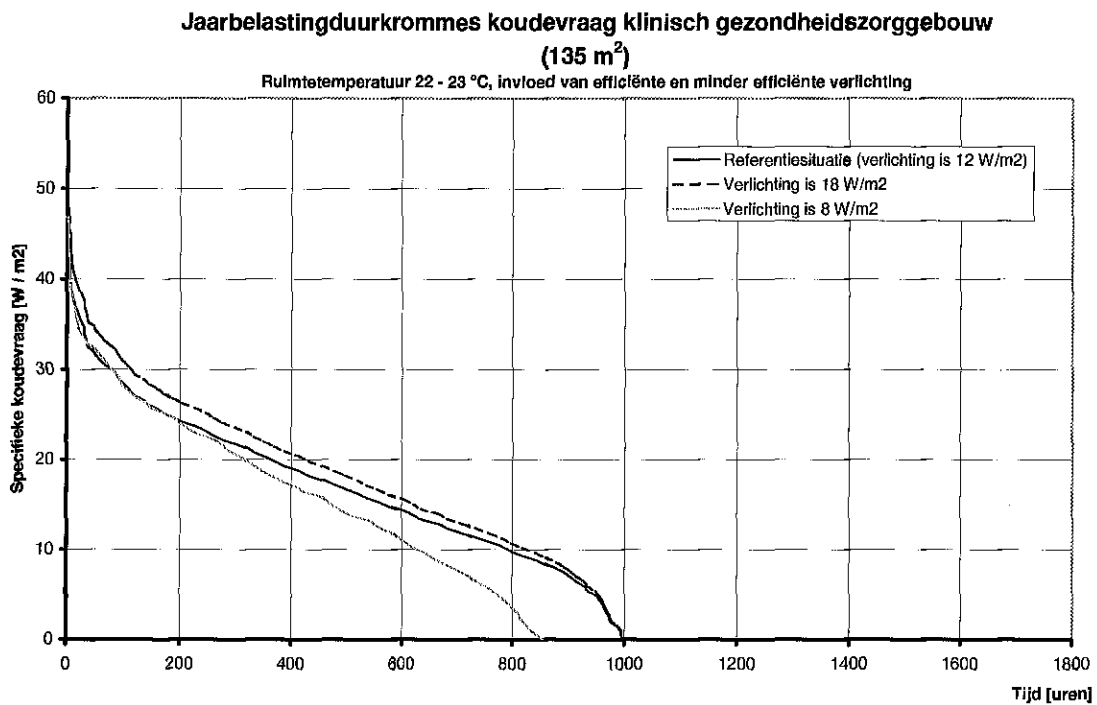
Hieronder worden de resultaten van de simulaties in belastingduurkrommes weergegeven.



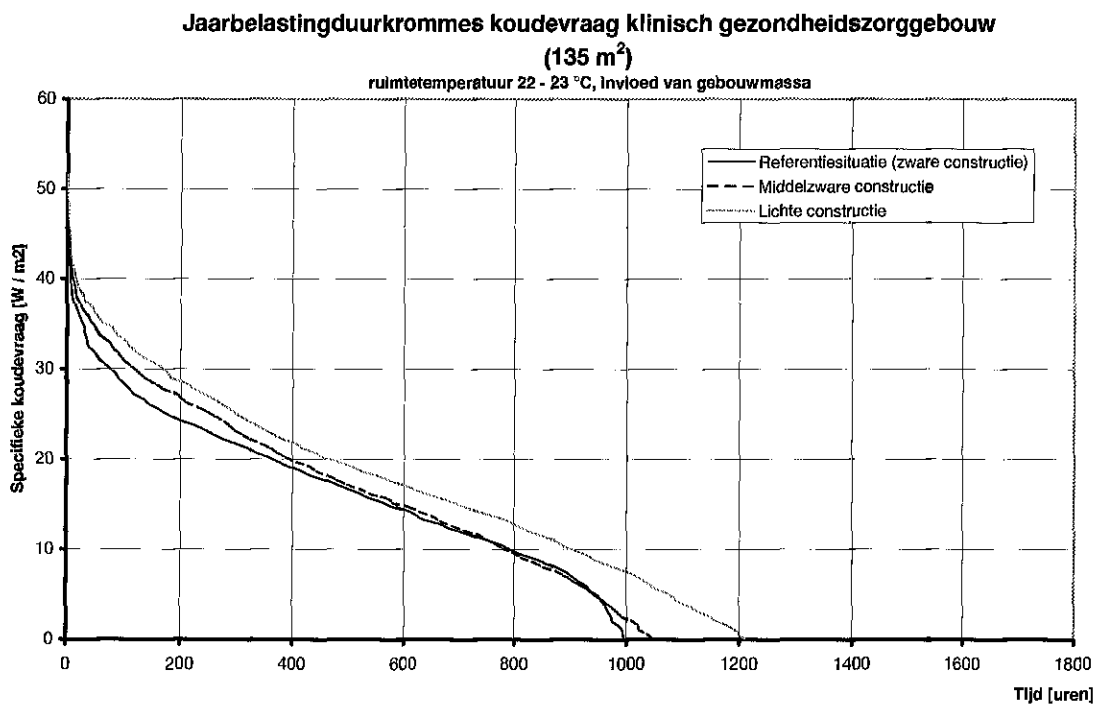
Figuur 29: Belastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw: invloed zomernachtventilatie en buitenzonwering



Figuur 30: Belastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw: invloed isolatie



Figuur 31: *Belastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw: invloed verlichting*



Figuur 32: *Belastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw: invloed gebouwmassa*

3.2.4 Samenvatting klinisch gezondheidszorggebouw

3.2.4.1 Warmtevraag

In de tabel op de volgende bladzijde zijn de gegevens uit de hierboven weergegeven belastingduurkrommes nog eens overzichtelijk naast elkaar weergegeven.

Hieronder worden de diverse belastingduurkrommes nader toegelicht.

Referentiesituatie

Bij de belastingduurkrommes valt op dat deze niet bijzonder steil verlopen. Dit wordt veroorzaakt door de openingstijden van het gebouw. Doordat het gebouw relatief lang en 7 dagen per week "geopend" is, krijgt het gebouw weinig tijd om 's nachts af te koelen en helemaal geen tijd om in het weekend af te koelen. Hierdoor worden grote opstartvermogens vermeden, hetgeen een minder steile kromme tot gevolg heeft.

Uit de belastingduurkromme inclusief warm tapwater vallen op de tijdstippen bij ca. 2700 uur en 3600 uur 2 pieken in de kromme op. Deze pieken worden veroorzaakt door het verwarmen van het tapwater.

Invloed van isolatie

Door extra isolatie wordt de warmte-transmissie van binnen naar buiten vermindert, waardoor de krommes lager komen te liggen dan bij de referentiesituatie. Tevens wordt door de extra isolatie het aantal uur warmtevraag vermindert.

Invloed van warmteterugwinning

De krommes met warmteterugwinning lopen iets onder die van de referentiesituatie. Ten gevolge van de warmteterugwinning is de warmtevraag gedurende veel uren lager omdat de teruggewonnen warmte ook voor een deel de warmtevraag dekt.

Invloed van minder efficiënte verlichting

Door het gebruik van minder efficiënte verlichting wordt de interne warmtelast verhoogd, waardoor een gedeelte van de warmtevraag wordt gedekt. De (externe) warmtevraag wordt hierdoor minder, waardoor de kromme bij gebruikmaking van minder efficiënte verlichting onder die van de referentiesituatie komt te liggen.

Invloed van gebouwmassa

Bij een kleinere gebouwmassa kan er minder warmte worden gebufferd. Hierdoor neemt het vermogen voor verwarming af, waardoor de krommes bij kleiner wordende gebouwmassa onder die van de referentiesituatie komen te liggen.

Percentage t.o.v. max. warmtevraag	Referentie Re=2,5, geen WTW 12 W/m2, zware constr.		Isolatie Re=3,5		Re=4,5		WTW 60%		90%		Verlichting 18 W/m2		Gebouwmassa			
	Uren		Uren (cum)		Uren (cum)		Uren (cum)		Uren (cum)		Uren (cum)		Uren (cum)			
	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Middel	Licht		
0 - 10	1457	3792	1357	3412	1333	3193	1168	3224	1348	3332	1375	3281	1453	3902	1495	3964
10 - 20	837	2335	830	2055	806	1860	705	2056	726	1984	685	1906	770	2449	699	2469
20 - 30	570	1498	477	1225	401	1054	540	1351	519	1258	514	1221	632	1679	658	1770
30 - 40	393	928	295	748	238	653	310	811	265	739	240	707	462	1047	501	1112
40 - 50	174	535	132	453	113	415	151	501	138	474	145	467	203	585	232	611
50 - 60	116	361	93	321	90	302	125	350	125	336	123	322	140	382	164	379
60 - 70	114	245	106	228	96	212	109	225	112	211	106	199	114	242	103	215
70 - 80	73	131	66	122	62	116	66	116	57	99	53	93	67	128	63	112
80 - 90	46	58	44	56	42	54	36	50	32	42	33	40	46	61	39	49
90 - 100	11	12	11	12	11	12	13	14	9	10	6	7	14	15	9	10
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totaal	3792		3412		3193		3224		3332		3281		3902		3964	
Totale warmtevraag [GJ]	154		128		113		137		131		127		146		136	
primaire energie [GJ]	180		150		132		160		153		148		171		159	
primaire en. [MJ/m2.jaar]	356		296		262		316		303		293		339		315	
Aardgas [m3/m2.jaar]	10,0		8,3		7,3		8,9		8,5		8,2		9,5		8,8	
Piek [kW]	55		53		52		55		55		55		49		45	
Piek prim. En. [kW]	65		62		61		64		64		64		57		52	
Piek vermogen [W/m2]	110		105		103		108		108		108		97		88	
Equivalenten uren vollast	772		669		605		696		666		646		829		846	

Tabel 22. Overzicht warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw

3.2.4.2 Koudevraag

In de tabellen op de volgende bladzijde zijn de gegevens uit de hierboven weergegeven belastingduurkrommes nog eens overzichtelijk naast elkaar weergegeven.

Hieronder worden de diverse belastingduurkrommes nader toegelicht.

Referentiesituatie

Het patroon voor de koudevraag bevat geen markante punten. Verlaging van de ruimtetemperatuur van 24 - 25 °C naar 22 - 23 °C geeft een aanzienlijke toename van het aantal uur koudevraag.

Invloed van buitenzonwering en zomernachtventilatie

Ten gevolge van de aanwezigheid van buitenzonwering kan de totale koelvraag worden beperkt doordat de hoeveelheid (externe) zonnearmte kan worden gereduceerd.

Met zomernachtventilatie wordt de gebouwmassa 's nachts gekoeld, waardoor deze massa overdag een gedeelte van de koelfunctie overneemt. Dit resulteert in een lager aantal uren koelvraag.

Verlagen van het vermogen voor verlichting heeft eveneens een gunstig effect op de koudevraag. Deze neemt af doordat de interne warmtelast afneemt bij gebruik van efficiëntere verlichting.

Invloed van isolatie

Door extra isolatie neemt het aantal uur koudevraag toe. Dit wordt veroorzaakt doordat de warmte binnen het gebouw door de extra isolatie langer wordt "vastgehouden". Het effect op de koudevraag van extra isolatie is bij dit klinische gezondheidszorggebouw groter dan bij het hiervoor behandelde kantoorgebouw. Dit heeft te maken met de gebruikstijden van het betreffende gebouw. Het klinisch gezondheidszorggebouw is langer in bedrijf dat het kantoorgebouw. Omdat koeling alleen wordt ingezet ten tijde dat het gebouw in bedrijf is, zal het aantal uren koelvraag bij extra isolatie in combinatie met een gebouw met lange openingstijden groter zijn.

Invloed van efficiënte en minder efficiënte verlichting

Het toepassen van efficiënte verlichting verlaagt de interne warmtelast, met als gevolg dat het aantal uur koudevraag daalt. Bovendien is het gevraagde vermogen over deze periode ook lager. Bij het toepassen van minder efficiënte verlichting treedt een omgekeerd effect op.

Invloed van gebouwmassa

Door het lichter worden van de constructie is het zogenaamde accumulerende vermogen van de wanden minder. Hierdoor kunnen de wanden minder koude opnemen, waardoor er ook minder koude door de wanden kunnen worden uitgestraald naar de diverse ruimtes. Dit heeft tot gevolg dat het aantal uren koudevraag toeneemt bij afnemende gebouwmassa.

max. koudevraag	12 W/m ² , zware constr.		Uren		Uren (cum)		Uren		Uren (cum)		Uren		Uren (cum)		Uren		Uren (cum)	
	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)
0 - 10	29	334	15	207	18	255	49	582	74	855	30	302	33	403	40	436	61	561
10 - 20	32	305	24	192	30	237	65	533	127	781	32	272	41	370	49	396	70	500
20 - 30	46	273	27	168	33	207	87	468	142	654	31	240	75	329	67	347	83	430
30 - 40	65	227	29	141	36	174	107	381	162	512	55	209	77	254	72	280	99	347
40 - 50	62	162	37	112	44	138	112	274	138	350	47	154	85	177	80	208	78	248
50 - 60	47	100	39	75	43	94	88	162	116	212	43	107	58	92	61	128	78	170
60 - 70	37	53	23	36	35	51	54	74	67	96	43	64	23	34	50	67	66	92
70 - 80	11	16	10	13	11	16	12	20	19	29	15	21	7	11	11	17	20	26
80 - 90	2	5	0	3	2	5	5	8	7	10	3	6	3	4	3	6	3	6
90 - 100	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	0	1	2	3	2	3
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totaal	334		207	255	255	582	582	855	855	302	302	403	403	436	436	561	561	
Totale koudevraag [GJ]	2,4		1,5	4,6	1,9	6,7	4,6	6,7	2,1	3,1	3,1	3,3	3,1	3,3	3,3	4,4	4,4	
primaire energie [GJ]	1,3		0,8	2,4	1,0	3,6	2,4	3,6	1,1	1,6	1,6	1,7	1,6	1,7	1,7	2,3	2,3	
primaire en. [MJ/m ² jaar]	9,6		5,8	18,0	7,5	26,4	18,0	26,4	8,3	12,0	12,0	12,9	12,0	12,9	12,9	17,3	17,3	
Aardgas [m ³ /m ² jaar]	0,27		0,16	0,50	0,21	0,74	0,50	0,74	0,23	0,34	0,34	0,36	0,34	0,36	0,36	0,48	0,48	
Piek [kW]	5,2		4,8	5,8	5,1	6,1	5,8	6,1	4,8	5,8	4,8	5,5	5,8	5,5	5,5	5,8	5,8	
Piek prim. En. [kW]	2,8		2,5	3,0	2,7	3,2	3,0	3,2	2,5	3,1	3,1	2,9	3,1	2,9	2,9	3,1	3,1	
Piek vermogen [W/m ²]	38,6		35,7	42,7	37,7	45,2	42,7	45,2	35,5	42,9	42,9	40,8	42,9	40,8	40,8	43,1	43,1	
Equivalentie uren vollast	130		85	221	105	307	221	307	123	147	147	167	147	167	167	210	210	

Tabel 23: Overzicht koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw bij een ruimtetemperatuur van 24 - 25 °C

Percentage van max. koudevraag	Referentie Rc=2,5, geen WTW 12 W/m ² , zware constr.		Zonnescherm		Zomermachtventilatie		Isolatie Rc=3,5		Isolatie Rc=4,5		Verlichting 8 W/m ²		Verlichting 18 W/m ²		Gebouwmassa			
	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Middel	Uren	Uren (cum)	
0 - 10	48	996	53	762	40	757	95	1335	117	1650	77	854	48	996	105	1046	141	1211
10 - 20	152	948	117	709	101	717	188	1240	282	1533	128	777	151	948	163	941	184	1070
20 - 30	220	796	126	592	129	616	293	1052	330	1251	152	649	221	797	197	778	210	886
30 - 40	204	576	173	466	163	487	290	759	346	921	152	497	208	576	194	581	233	676
40 - 50	185	372	127	293	102	185	145	279	164	332	115	213	100	186	133	247	136	280
50 - 60	102	187	91	166	102	185	145	279	164	332	115	213	100	186	133	247	136	280
60 - 70	54	85	50	75	54	83	83	134	98	168	61	98	55	86	73	114	95	144
70 - 80	24	31	17	25	21	29	41	51	53	70	24	37	24	31	32	41	39	49
80 - 90	5	7	5	8	4	8	6	10	13	17	8	13	5	7	6	9	6	10
90 - 100	1	2	2	3	3	4	3	4	3	4	4	5	1	2	2	3	3	4
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totaal	996		762		757		1335		1650		854		996		1046		1211	
Totale koudevraag [GJ]	7,7		6,1		6,7		11,9		15,1		7,0		9,1		8,9		10,4	
primaire energie [GJ]	4,1		3,2		3,5		6,3		8,0		3,7		4,8		4,7		5,5	
primaire en. [MJ/m ² jaar]	30,4		23,9		26,3		46,7		59,1		27,5		35,7		34,8		40,9	
Aardgas [m ³ /m ² jaar]	0,85		0,67		0,74		1,31		1,66		0,77		1,00		0,98		1,15	
Piek [kW]	6,6		6,2		5,6		7,1		7,4		6,3		7,2		6,8		7,0	
Piek prim. En. [kW]	3,5		3,3		3,0		3,7		3,9		3,3		3,8		3,6		3,7	
Piek vermogen [W/m ²]	49,2		46,3		41,5		52,5		54,6		46,9		53,5		50,4		51,7	
Equivalentte uren vollast	324		271		333		467		569		307		350		363		416	

Tabel 24: Overzicht koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw bij een ruimtetemperatuur van 22 - 23 °C

3.3 Zwembad

3.3.1 Algemene omschrijving gebouw

Het zwembad dat is bestudeerd bevat 4 baden: een wedstrijdbad van 25 x 15 m (l x b), een instructiebad van 15 x 10 m (l x b), een recreatiebad en een klein pierebad. De totale oppervlakte van het gebouw is 3293 m², bij een totale inhoud van ca. 17.969 m³. De totale oppervlakte van het zwembad (3293 m²) wordt verwarmd.

Het zwembad is onlangs gebouwd en voldoet aan de EP voor utiliteitsgebouwen. Het zwembad heeft volgens de EP 4 gebouwfuncties, te weten:

- Kantoorgebouw;
- Bijeenkomstgebouw;
- Sportgebouw zonder sport;
- Sportgebouw met sport.

In de onderstaande tabel is weergegeven wat de betreffende EP-coëfficiënt voor de betreffende gebouwfunctie is. Eveneens is de destijds geldende eis voor de gebouwfunctie weergegeven.

Gebouwfunctie	EP-coëfficiënt	EP-eis
Kantoorgebouw	1,60	1,60
Bijeenkomstgebouw	2,41	2,40
Sportgebouw zonder sport	2,20	2,20
Sportgebouw met sport	2,20	2,20

Tabel 25: EP-coëfficiënten zwembad

Dit resulteert in een Q pres. totaal/Q pres. toelaatbaar van 1,00.

De primaire energiegebruiken in MJ volgens de EP-berekening zijn als volgt:

Qprim. verwarming	1497716
Qprim. ventilatoren	627000
Qprim. verlichting	564354
Qprim. pompen	34404
Qprim. warm tapwater	83444

Tabel 26: Energiegebruiken zwembad in MJ

De ramen bestaan uit isolerend glas ($U=1,2$ W/m² K voor de zwemzalen en $U=2,8$ W/m² K voor de overige ruimtes). De gevels, de vloer en het dak hebben een Rc-waarde van 3,2 m² K/W. Ventilatie in het zwembad vindt plaats met mechanische toe- en afvoer. De luchtbehandelinginstallatie voor de ruimtes met de zwembaden is voorzien van een warmteterugwinningsinstallatie met een gemiddeld rendement van 70 %.

Verwarming vindt plaats met behulp van warmtekrachtkoppeling. Het thermische rendement van deze installatie is afhankelijk van de belasting en daarom niet constant. In dit rapport is gerekend met een thermisch rendement van 52 %.

Vanwege de hoge temperaturen die in een zwembad heersen, is er geen koeling noodzakelijk. Om deze reden zijn er ook geen simulaties voor koeling gemaakt. De openingstijden van het zwembad zijn van 07.00 tot 23.00 uur, gedurende 7 dagen per week en gedurende 52 weken per jaar.

Gebruikte bouwmaterialen

In het TRNSYS zijn de gegevens ingevoerd zoals deze zijn weergegeven op de bouwtekeningen van het betreffende zwembad. Bij het gebouw worden 2 typen buitenwanden gebruikt. Een type bestaat uit een binnenspouwblad van metselstenen, isolatiemateriaal, een luchtspouw en een buitenspouwblad van metselstenen; het andere type bestaat uit staalplaat, isolatiemateriaal, een luchtspouw en wederom staalplaat.

De vloer bestaat uit een afdeklaag, grindbeton en isolatie. Onder de vloer is een kruipruimte. Het dak is opgebouwd uit staalplaat, een luchtspouw, isolatiemateriaal en dakbedekking.

De binnenmuren zijn opgebouwd uit een lichte wandconstructie. De ramen hebben U-waarden van $1,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (zontoetredingsfactor is 60 %) bij de zwemzalen en $2,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (zontoetredingsfactor is 80%) bij de overige ruimtes. Geen van de ramen is voorzien van een zonnescherm.

Interne warmtelast

Ten aanzien van de interne warmtelast is het onderstaande schema aangehouden.

Periode	Interne warmtelast zwembad en kleedruimten [W/m^2]	Interne warmtelast entreerimte [W/m^2]	Interne warmtelast overige ruimtes [W/m^2]
00.00 - 07.00 uur	0	0	0
07.00 - 23.00 uur	15	16	8
23.00 - 00.00 uur	0	0	0

Tabel 27: Interne warmtelasten zwembad

Dit schema is gedurende 7 dagen per week aangehouden.

Infiltratievoud

Ten aanzien van de infiltratie is gerekend met een waarde van $0,26 \text{ dm}^3/\text{s m}^2$. Dit resulteert in een infiltratievoud van 0,14 voor het zwembad, 0,26 voor de kleedruimten en de technische ruimten. Gerekend is dat er altijd een constante infiltratie is.

Ventilatievoud

Ten aanzien van de ventilatievoud kunnen de gegevens uit de EP berekening volgens NEN 2916 niet worden gebruikt. De reden hiervoor ligt in het feit dat met behulp van de in te blazen luchthoeveelheid de luchtvochtigheid in het zwembad wordt geregeld. Hiermee wordt in de NEN 2916 geen rekening gehouden, waardoor, bij toepassing van deze norm, er grote verschillen tussen theorie en werkelijkheid ontstaan. Om een reële waarde voor het ventilatievoud in te kunnen zetten, is contact opgenomen met de ontwerper van de luchtbehandelingsinstallatie van het betreffende zwembad. Dit resulteert in ventilatievouden zoals is weergegeven in het onderstaande schema.

Periode	Ventilatievoud zwembad [-]	Ventilatievoud kleedruimte [-]	Ventilatievoud entreerimte [-]
00.00 – 07.00 uur	2,00	0	0
07.00 – 23.00 uur	3,99	3,03	2,60
23.00 – 00.00 uur	2,00	0	0

Tabel 28: Ventilatievouden zwembad

Het hierboven weergegeven schema is 7 dagen per week aangehouden.

De lucht die in de ruimte met de zwembaden wordt ingeblazen, wordt gedeeltelijk gerecirculeerd, en wel zodanig dat er altijd minimaal 20 % verse buitenlucht wordt ingeblazen. Met de zogenaamde recirculatiefactor (verhouding tussen gerecirculeerde luchthoeveelheid en totaal ingeblazen luchthoeveelheid) wordt de luchtvochtigheid in de ruimte met de zwembaden geregeld.

Deze regeling is in de simulaties opgenomen. Hierbij is uitgegaan van een berekende vochtproductie van 137 kg/uur in de ruimten met de zwembaden en een absolute vochtigheid van 14,5 g/kg droge lucht in de ruimten met de zwembaden.

Gegevens koelinstallatie

In het zwembad is geen koelinstallatie aanwezig. Om deze reden zijn er ook geen simulaties aangaande de koudevraag uitgevoerd.

Gegevens verwarmingsinstallatie

Ook voor de ruimtetemperaturen kunnen de gegevens uit de NEN 2916 niet worden gebruikt. Navraag bij de ontwerper van de technische installatie van het betreffende zwembad leerde dat de onderstaande temperaturen in de diverse ruimten worden gehanteerd.

Periode	Gemiddelde temperatuur ruimten met zwembaden [°C]	Temperatuur kleedruimten [°C]	Temperatuur overige ruimten [°C]
00.00 - 07.00 uur	29	15	15
07.00 - 23.00 uur	31	24	20
23.00 - 00.00 uur	29	15	15

Tabel 29: *Temperatuurniveaus zwembad*

De verwarmingsinstallatie moet de totale warmtevraag kunnen dekken. De totale warmtevraag is opgebouwd uit:

- Verwarming van de diverse vertrekken;
- Op temperatuur houden van het water in het zwembad;
- Op temperatuur brengen van het gesuppleerde water t.g.v. filtering en verdamping;
- Verwarming tapwater.

Hieronder worden de diverse items toegelicht.

Verwarming diverse vertrekken

Voor het kunnen handhaven van de temperatuur in de diverse vertrekken, zijn de onderstaande posten verliesposten en derhalve opgenomen in de simulatie.

- Transmissieverliezen;
- Infiltratieverliezen;
- Ventilatieverliezen;
- Verliezen ten gevolge van verdamping van het zwembadwater.

Transmissie-, infiltratie- en ventilatieverliezen spreken voor zich.

Zoals hiervoor is vermeld is berekend dat er per uur ca. 137 kg. zwembadwater verdampt. Hiervoor is warmte nodig die wordt onttrokken aan de lucht en aan het zwembadwater. Omdat

de luchtvochtigheid in de ruimte met de zwembaden wordt geregeld, zal uiteindelijk deze verdampte hoeveelheid zwembadwater worden afgevoerd. Met het afvoeren van dit vocht wordt ook de benodigde hoeveelheid energie afgevoerd. Dit houdt in dat er ten gevolge van verdamping van het zwembad water er een extra hoeveelheid energie moet worden toegevoerd.

Het energieverlies ten gevolge van verdamping is enigszins te beperken door te voorkomen dat er zwembadwater verdampt. Dit kan gerealiseerd worden door de baden, als ze niet in gebruik zijn ('s nachts) af te dekken. Dit wordt in het gesimuleerde zwembad gerealiseerd door de zogenaamde beweegbare bodem in de nacht omhoog te doen, waardoor de wateroppervlakte wordt bedekt. Om deze reden treden verdampingsverliezen alleen op ten tijde dat het zwembad daadwerkelijk geopend is.

Op temperatuur houden van het water in het zwembad

Het gesimuleerde zwembad bevat 4 baden. De temperatuur van deze baden is 28, 30 en 32 °C. Omdat de temperatuur aan de buitenzijde van de "kuip" van de baden lager is dan deze hierboven genoemde temperaturen, is er sprake van een warmtetransmissie vanuit het zwembadwater naar de buitenzijde van de kuip (bodem). De kuip is aan de buitenzijde geïsoleerd waardoor de warmteverliezen enigszins worden beperkt.

Vanwege bovengenoemde transmissieverliezen is er warmte nodig voor het op temperatuur houden van het zwembadwater. Deze benodigde warmtehoeveelheid is opgenomen in de simulaties.

Op temperatuur brengen van het gesuppleerde water

Ten gevolge van filtering van het zwembadwater wordt per week een hoeveelheid water van 96 m³ afgevoerd. Een zelfde hoeveelheid water wordt gesuppleerd. Aangenomen is dat het water wordt aangevoerd met een temperatuur van ca. 10 °C. Het moet worden verwarmd tot een temperatuur van 28, 30 of 32 °C (watertemperatuur).

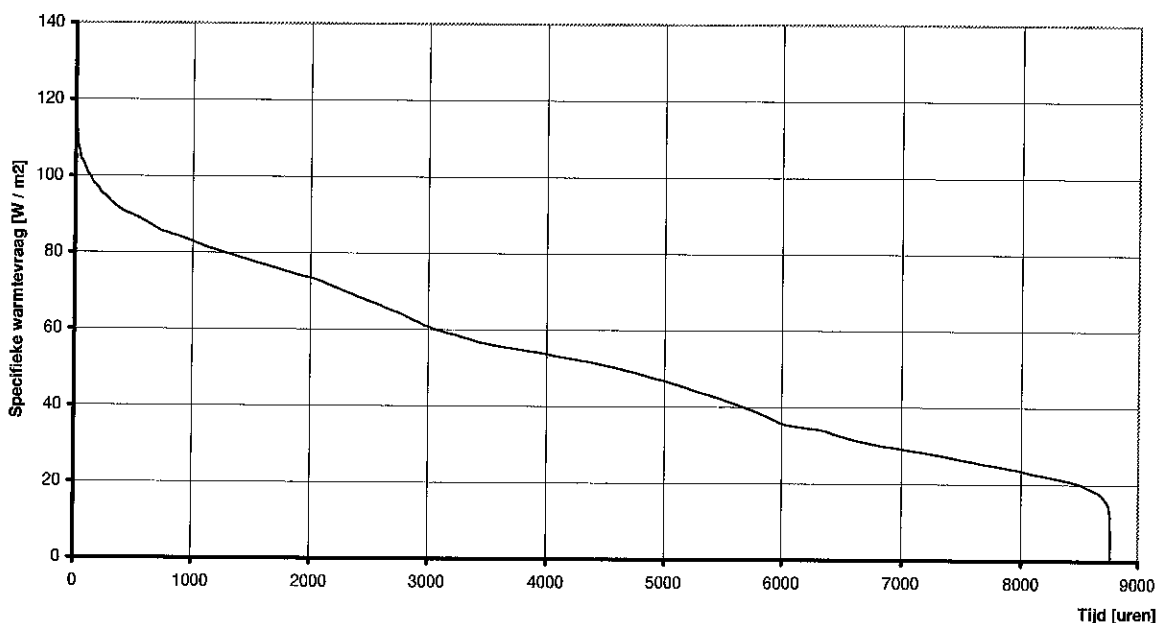
Een zelfde verhaal gaat op voor het suppleren van het water dat is verdampt. Aangenomen is dat er continu sprake is van het suppleren van water. De benodigde energie voor het verwarmen van deze gesuppleerde hoeveelheid water is opgenomen in de simulaties.

Verwarming tapwater

De energie die nodig is voor de verwarming van het tapwater is niet opgenomen in de simulaties. De reden hiervoor ligt in het feit dat er tot op heden geen betrouwbare statistische gegevens over het gebruik van warm tapwater in zwembaden beschikbaar zijn.

3.3.2 Warmtevraag referentiesituatie

Jaarbelastingduurkromme warmtevraag zwembad (3293 m²)
 zware constructie, Rc=3,2 m² K/W, verlichting is 8 W/m², WTW=70%



Figuur 33: *Belastingduurkromme warmtevraag zwembad referentiesituatie*

Hieronder zijn de resultaten van de simulatie met enkele aanvullende berekeningen in tabelvorm weergegeven.

Warmtevraag [GJ]	Uur	primaire energie [GJ]	primaire energie [m ³ aardgas/m ² jaar]	Piek [kW]	Piek primaire energie [kW]	Piekvermogen [W/m ²]	Equivalenten uren vollast
5450	8760	10481	89,1	415	798	126	3648

Tabel 30: *Warmtevraag zwembad referentiesituatie*

De totale warmtevraag voor een zwembad bestaat uit de onderstaande onderdelen:

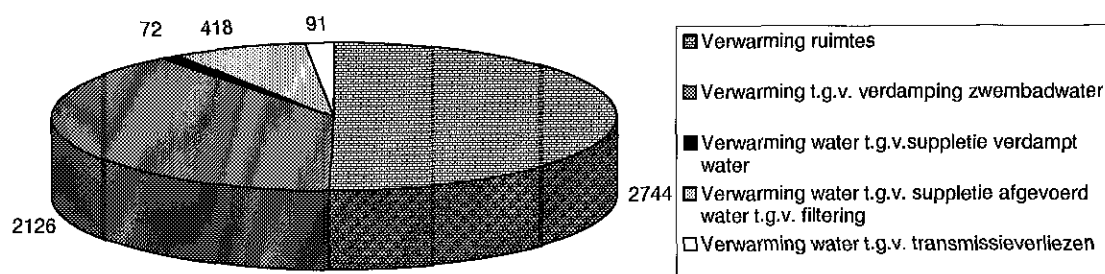
- Verwarming van de ruimtes;
- Verwarming ten gevolge van verdamping zwembadwater;
- Verwarming water ten gevolge van suppletie verdampt zwembadwater;
- Verwarming water ten gevolge van suppletie afgevoerd water door filtering;
- Verwarming water ten gevolge van transmissieverliezen.

In het cirkeldiagram op de volgende bladzijde is de onderlinge verhouding tussen deze onderdelen te zien.

Cirkeldiagramm energiehoeveelheden verwarming zwembad

zware constructie, $R_c=3,2 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, verlichting is 8 W/m^2 , $\text{WTW}=70\%$

energiehoeveelheden in GJ per jaar



Figuur 34: Cirkeldiagramm energiehoeveelheden verwarming zwembad

3.3.3 Veranderingen in de warmtevraag

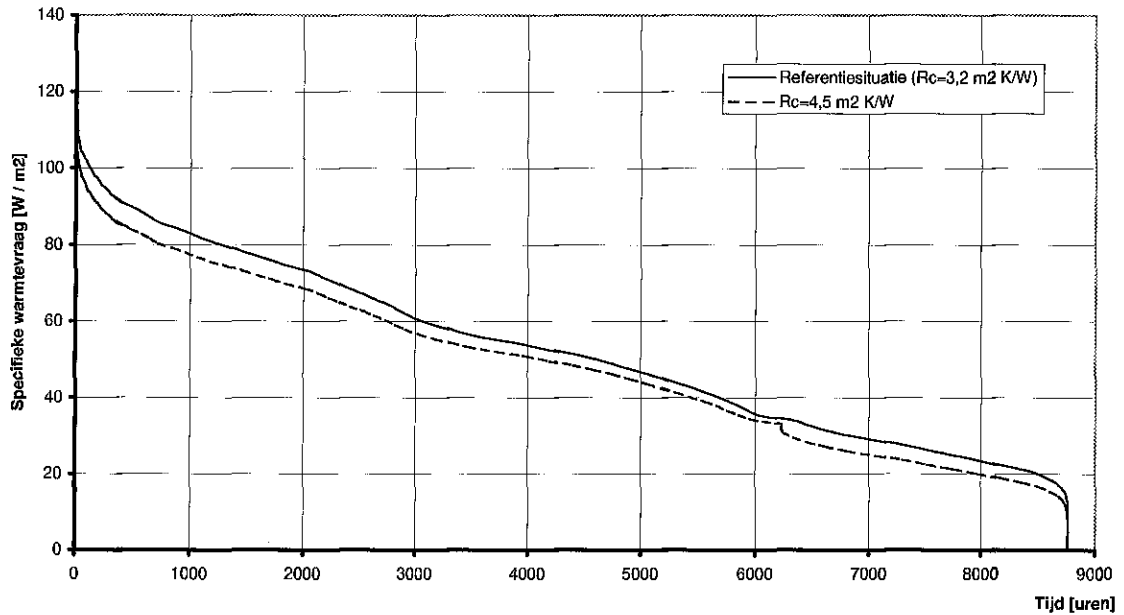
De warmtevraag is afhankelijk van vele factoren. Een aantal van deze factoren is bestudeerd. Deze bestudeerde factoren zijn:

- Extra isolatie ($R_c=4,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$);
- Warmteterugwinning uit ventilatielucht (rendement is 90 %);
- Minder efficiënte verlichting (18 W/m^2);
- Kleinere gebouwmassa (lichte soorten beton en bakstenen).

In de onderstaande 4 grafieken zijn de effecten van de hierboven genoemde maatregelen in de vorm van belastingduurkrommes weergegeven.

3.3.3.1 Invloed extra isolatie

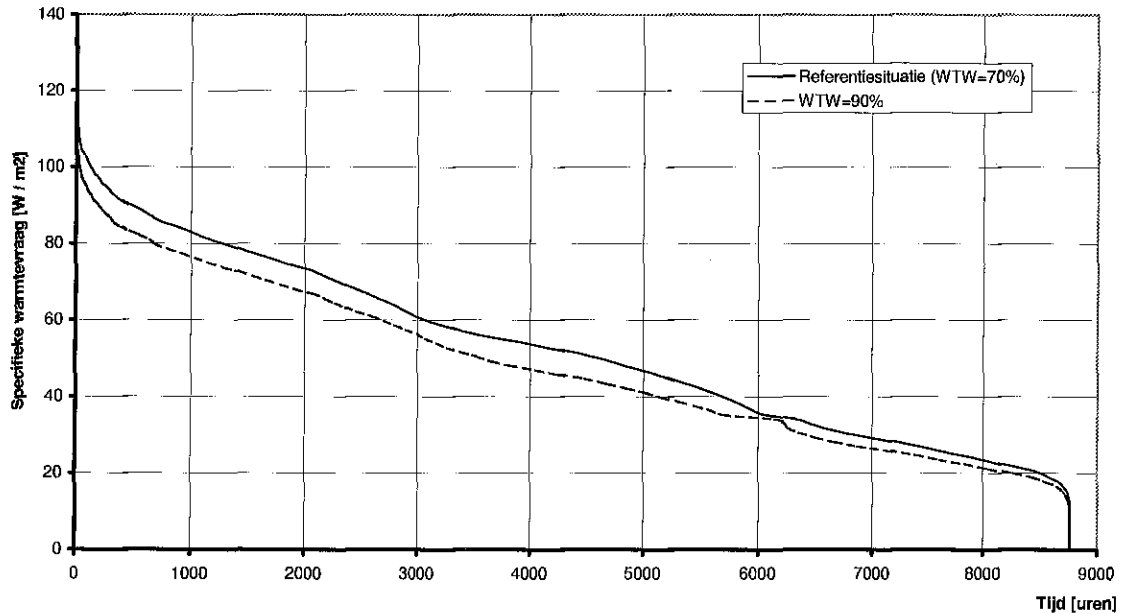
Overzicht jaarbelastingduurkrommes warmtevraag zwembad (3293 m²)
Invloed van extra isolatie



Figuur 35: Belastingduurkromme warmtevraag zwembad: invloed isolatie

3.3.3.2 Invloed warmteterugwinning

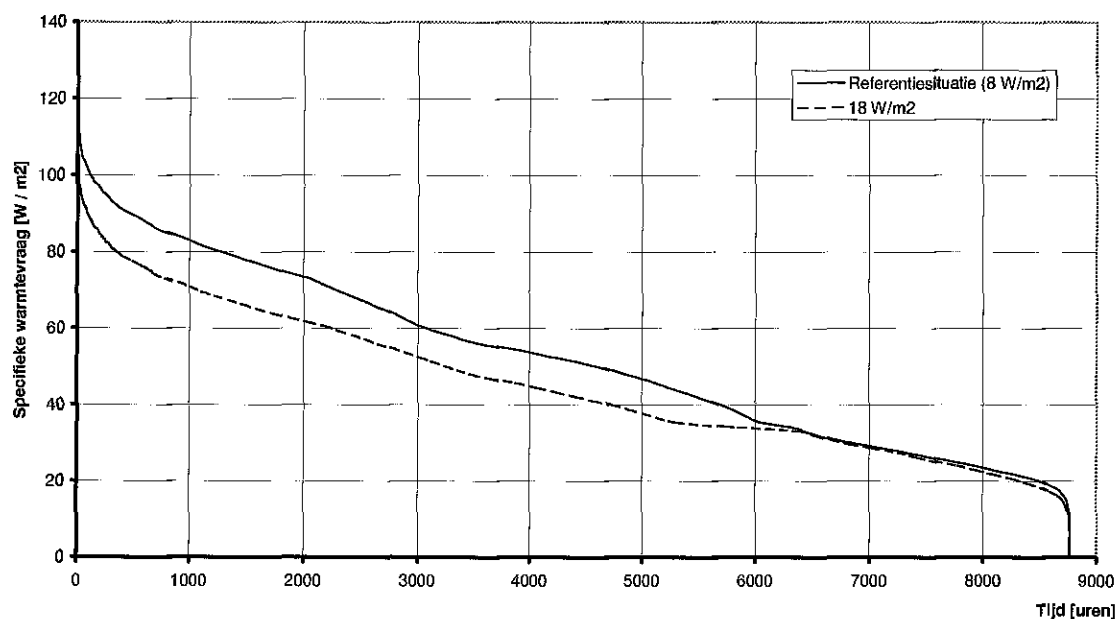
Overzicht jaarbelastingduurkrommes warmtevraag zwembad (3293 m²)
Invloed van warmteterugwinning



Figuur 36: Belastingduurkromme warmtevraag zwembad: invloed warmteterugwinning

3.3.3.3 Invloed minder efficiënte verlichting

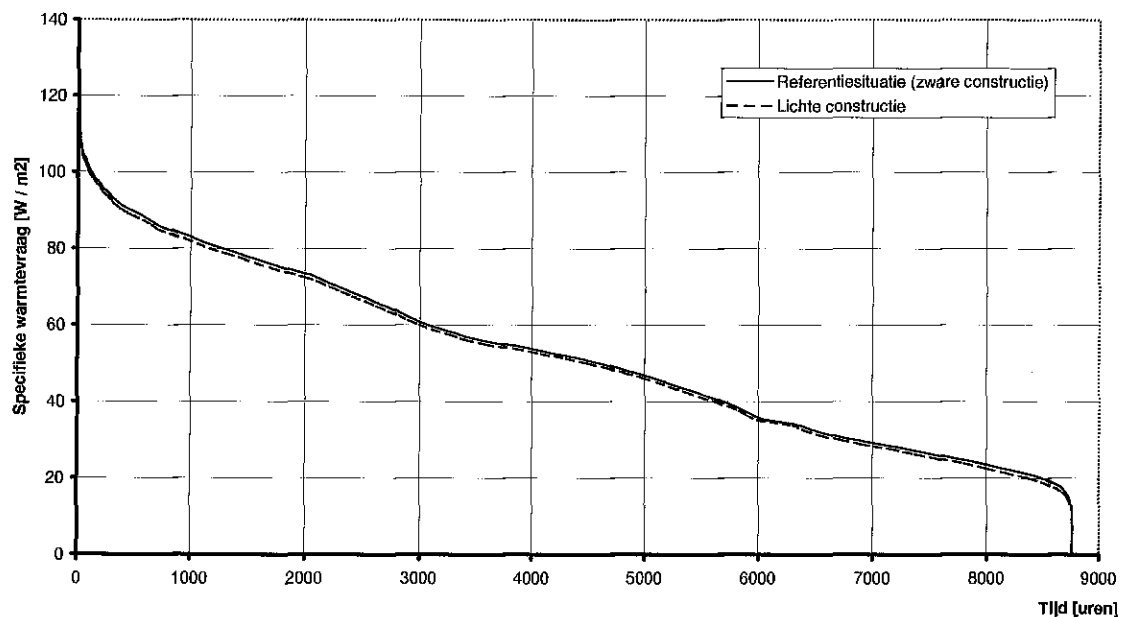
Overzicht jaarbelastingduurkrommes warmtevraag zwembad (3293 m²)
Invloed van minder efficiënte verlichting



Figuur 37: Belastingduurkromme warmtevraag zwembad: invloed verlichting

3.3.3.4 Invloed kleinere bouwmasa

Overzicht jaarbelastingduurkrommes warmtevraag zwembad (3293 m²)
Invloed van bouwmasa



Figuur 37: Belastingduurkromme warmtevraag zwembad: invloed bouwmasa

3.3.4 Samenvatting zwembad

In de tabel op de volgende bladzijde zijn de gegevens uit de hierboven weergegeven belastingduurkrommes nog eens overzichtelijk naast elkaar weergegeven.

Hieronder volgt een korte toelichting op de belastingduurkrommes voor verwarming.

Referentiesituatie

Uit de belastingduurkromme blijkt dat er altijd warmtevraag is. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat er is aangenomen dat de toevoer van water ten gevolge van filter- en verdampingsverliezen continu gebeurt, waardoor er continu warmtevraag is. Verder valt op dat de belastingduurkromme tussen uur 1000 en 8000 een tamelijk lineair verband vertoont.

Invloed van isolatie

Door extra isolatie worden de transmissieverliezen beperkt. Hierdoor is er minder energie nodig om de ruimtes te verwarmen. Om deze reden ligt de belastingduurkromme met een Rc-waarde van $4,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ lager dan die in de referentiesituatie ($R_c=3,2 \text{ m}^2 \text{ K/W}$)

Invloed van warmteterugwinning

Door warmteterugwinning wordt energie bespaard. Hierdoor is de warmtevraag bij een hoger rendement van de warmteterugwinning kleiner. Dit komt in de belastingduurkromme tot uiting doordat de kromme bij een hoger rendement lager ligt.

Invloed van minder efficiënte verlichting

Tot ca. 6200 uur is er minder warmtevraag bij minder efficiënte verlichting. Dit komt doordat de verlichting als een warmtebron kan worden beschouwd. Hierdoor hoeft de externe warmtebron minder vermogen te leveren, hetgeen resulteert in een daling van de kromme.

Vanaf ca. 6200 uur is komt in de BDK alleen de warmtevraag tijdens "nachtbedrijf" tot uiting. De verlichting is 's nachts uitgeschakeld, waardoor de warmtevraag tijdens nachtbedrijf bij minder efficiënte verlichting identiek is aan de situatie bij efficiënte verlichting.

Invloed van gebouwmassa

Uit de BDK's blijkt dat het verloop hoegenaamd onafhankelijk is van de gebouwmassa. Dit wordt veroorzaakt doordat het casco van het zwembad slechts voor een klein gedeelte bestaat uit beton en bakstenen. Het overgrote deel van het casco bestaat uit zogenaamde sandwichpanelen. Bij de simulatie met een lichte constructie is er alleen voor het beton en de bakstenen gebruik gemaakt van een lichte variant. Hierdoor is het effect gering.

Percentage van max. warmtevraag	Referentie Rc=3,2, WTW=70% 8 W/m2, zware constr.		Isolatie Rc=4,5		WTW 90%		Verlichting 18 W/m2		Constructie Licht	
	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)
	0 - 10	8	8760	23	8760	10	8760	14	8760	11
10 - 20	1050	8752	1439	8737	1148	8750	815	8746	1169	8749
20 - 30	1851	7702	1446	7298	1904	7602	2200	7931	1753	7580
30 - 40	1302	5851	1277	5852	1649	5698	1854	5731	1330	5827
40 - 50	1708	4549	1759	4575	1262	4049	1327	3877	1683	4497
50 - 60	1092	2841	1093	2816	1129	2787	1333	2550	1110	2814
60 - 70	1156	1749	1145	1723	1104	1658	857	1217	1126	1704
70 - 80	489	593	483	578	457	554	287	360	478	578
80 - 90	93	104	85	95	87	97	63	73	90	100
90 - 100	10	11	9	10	9	10	9	10	9	10
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totaal	8760		8760		8760		8760		8760	
Totale warmtevraag [GJ]	5450		5046		4957		4732		5357	
primaire energie [GJ]	10481		9703		9534		9099		10301	
primaire en. [MJ/m2 jaar]	3183		2947		2895		2763		3128	
Aardgas [m3/m2 jaar]	89,1		82,5		81,1		77,4		87,6	
Piek [kW]	415		389		386		376		411	
Piek prim. En. [kW]	798		748		742		723		791	
Piek vermogen [W/m2]	126		118		117		114		125	
Equivalenten uren vollast	3648		3603		3568		3498		3618	

Tabel 31: *Overzicht warmtevraag zwembad*

3.4 Onderwijsgebouw

3.4.1 Algemene omschrijving gebouw

Het onderzochte gebouw, een school voor basisonderwijs, bestaat uit 1 verdieping en omvat op de begane grond naast personeelsruimte en een kantoor, 4 leslokalen, een speellokaal en een gemeenschapsruimte. Het gebouw is recentelijk gebouwd en voldoet aan de EP voor onderwijs gebouwen. De ramen bestaan uit HR glas ($U=1,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), de gevels en de vloer op de begane grond hebben een Rc-waarde van $2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Het dak heeft een Rc-waarde van $3 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$. De oppervlakte bedraagt 490 m^2 . Ventilatie van het gebouw vindt plaats met mechanische afvoer. Verwarming vindt plaats door middel van een HR-ketel. In het gebouw vindt geen koeling plaats. Schooltijden zijn doorgaans van 09.00 – 16.00 uur en jaarlijks zijn er door vakanties een aantal weken dat de school helemaal dicht is. Dit heeft een directe invloed op de gebruikstijden van verwarming. Koeling in schoolgebouwen wordt doorgaans in scholen helemaal niet toegepast.

In de onderstaande tabel is weergegeven wat de betreffende EP-coëfficiënt voor de betreffende gebouwfunctie is. Eveneens is de destijds geldende eis voor de gebouwfunctie weergegeven.

Gebouwfunctie	EP-coëfficiënt	EP-eis
Kantoorgebouw	1,30	1,60
Sportgebouw	1,90	2,20
Horecagebouw	1,64	1,90
Onderwijsgebouw	1,12	1,30

Tabel 32: EP-coëfficiënten onderwijsgebouw

Dit resulteert in een $Q_{\text{pres. totaal}}/Q_{\text{pres. toelaatbaar}}$ van 0,87.

De primaire energiegebruiken in MJ volgens de EP-berekening zijn als volgt:

Qprim. verwarming	271172
Qprim. ventilatoren	14820
Qprim. verlichting	62601
Qprim. pompen	5651
Qprim. warm tapwater	3773

Tabel 33: Energiegebruiken onderwijsgebouw in MJ

Bepaling belastingsduurkrommes voor verwarming

Voor het bepalen van de jaarbelastingduurkromme verwarming is gebruik gemaakt van het thermisch gebouwsimulatiemodel TRNSYS. De voor de model benodigde gegevens voor de categorie materialen, oppervlaktes en oriëntaties is gebruik gemaakt van de bouwtekeningen van het schoolgebouw. Onderstaand worden per categorie nadere gegevens vermeld.

Gebruikte bouwmaterialen:

In het simulatieprogramma zijn de gegevens ingevoerd zoals deze zijn weergegeven op de bouwtekeningen van het betreffende kantoor. De toegepaste gevels bestaan uit een binnenspouwblad van metselstenen, isolatie, luchtspouw en een buitenspouwblad van metselsteen. De begane grond vloer bestaat uit een afdeklaag, grindbeton en isolatie. Onder de vloer bevindt zich een kruipruimte. De dakconstructie bestaat uit bitumineuze dakbedekking, isolatiemateriaal en een draagconstructie van beton. De dragende binnenmuren zijn opgebouwd uit kalkzandsteen en de afscheiding tussen de leslokalen en de andere ruimtes bestaat uit een lichte wandconstructie. Voor de ramen zijn alle simulaties uitgevoerd met ramen met een U-waarde van $1,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. De zontoetredingsfactor van de beglazing is in alle gevallen 70 %.

Interne warmtelast

Bij de simulaties is voor de interne warmtelast een schema aangehouden. Dit schema is hieronder weergegeven.

Periode	Interne warmtelast schoolgebouw [W/m ²]
00.00 – 08.00 uur	0
08.00 – 16.00 uur	8
16.00 – 24.00 uur	0

Tabel 34: *Interne warmtelasten onderwijsgebouw*

Dit schema is gedurende 5 dagen per week (werkdagen) aangehouden. Gedurende de weekenden (2 dagen per week) is er verondersteld dat er geen warmtelast heerst.

Infiltratievoud

Ten aanzien van de infiltratie is gerekend met een waarde van 0,26 dm³/s m². Dit resulteert in een infiltratievoud van 0,36.

Ventilatievoud

Bij de simulatie is gerekend met een constante ventilatielucht hoeveelheid van 1,04 dm³/s m². Dit resulteert in een ventilatievoud van 2,3.

Gegevens verwarmingsinstallatie

De verwarmingsinstallatie is zodanig ingezet dat de onderstaande temperaturen gedurende de weergegeven tijden minimaal behaald kunnen worden.

Periode	Temperatuur schoolgebouw [°C]
00.00 – 08.00 uur	15
08.00 – 16.00 uur	20
16.00 - 00.00 uur	15

Tabel 35: *Temperatuurniveaus verwarming schoolgebouw*

Dit schema wordt gevolgd gedurende schooldagen (5 dagen per week). Gedurende de weekenden (2 dagen week) wordt de temperatuur in het schoolgebouw op minimaal 15 °C geregeld. Het aanwezige sportlokaal wordt op een andere temperatuur gehouden gedurende de schooluren namelijk 18 °C.

Tapwater

Voor het berekenen van de benodigde warmte voor tapwaterverwarming dient het tappatroon bekend te zijn. Voor scholen zijn hiervan geen gegevens bekend; aangenomen wordt dat het gebruik van warm tapwater op scholen zoals de onderzochte school minimaal zal zijn. Om deze reden is de warmtevraag voor warmtapwater verwaarloosd.

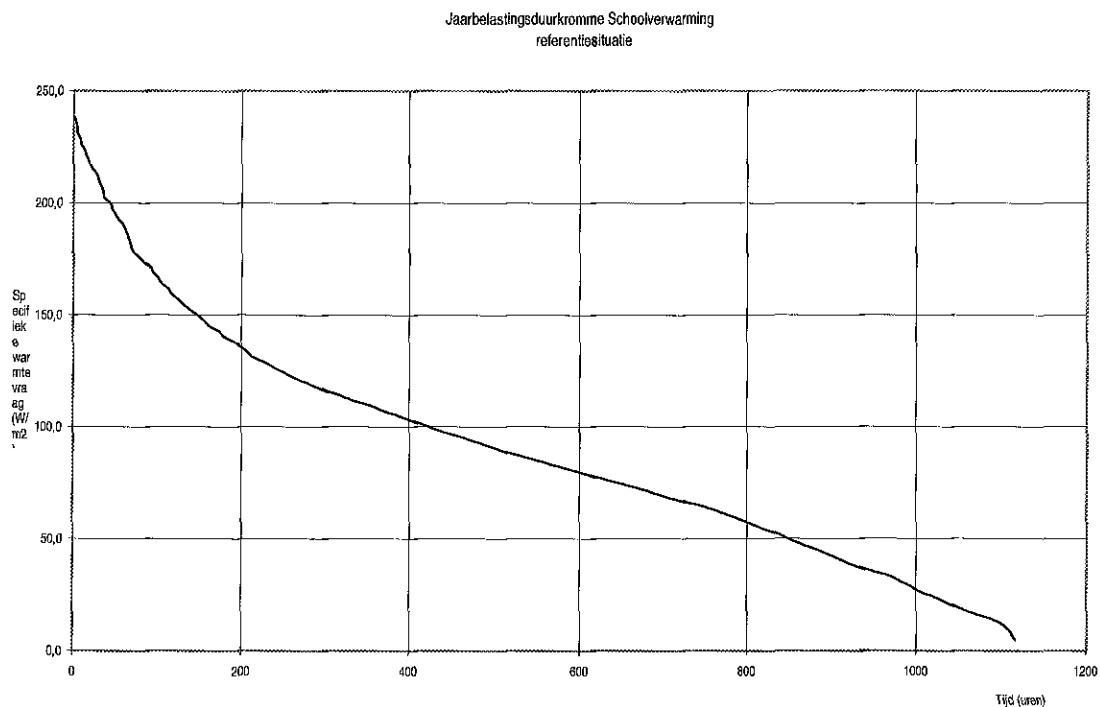
3.4.2 Referentiesituatie

De referentiesituatie wordt gekenmerkt door:

- Zware massa van gevels en vloeren;
- Lage interne warmtelasten.

3.4.2.1 Warmtevraag

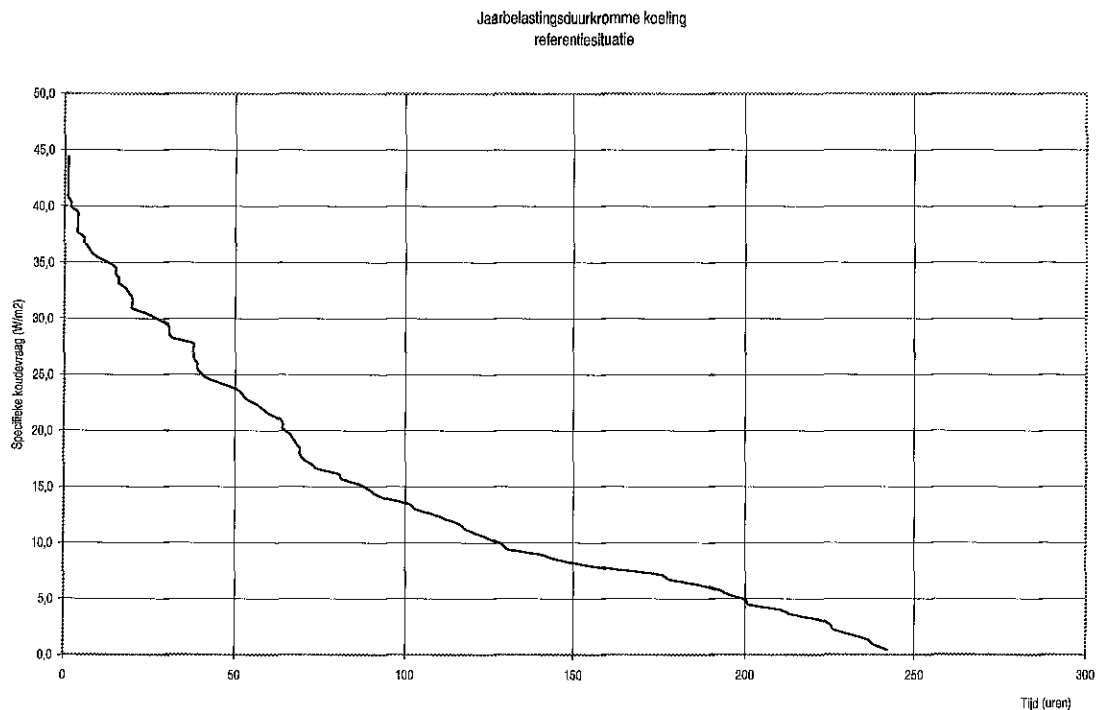
In de onderstaande grafiek wordt de belastingsduurkromme warmtevraag weergegeven voor de referentiesituatie.



Figuur 38: Verloop jaarbelastingsduurkromme verwarming in referentiesituatie (interne warmtelasten: laag; zware massa; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Oppervlakte 490 m^2)

3.4.2.2 Koudevraag

Voor het bepalen van een eventuele koelvraag is uitgegaan van het aantal uren dat de temperatuur in de ruimtes van het beschouwde gebouw uitstijgen boven 25°C (de zgn. overschrijdingsuren). Het toepassen van een koelinstallatie wordt bepaald door eventuele voorschriften m.b.t. deze overschrijdingsuren (zoals voor kantoren het geval is) en door het gewenste binnenklimaat. Voor onderwijsgebouwen zijn geen voorschriften voor het minimum aantal overschrijdingsuren. Het gebruik van koelinstallaties voor ruimtekoeling komt mede daardoor in deze gebouwen niet of nauwelijks voor. Om toch een indruk te verkrijgen van het verloop van de koelvraag jaarbelastingsduurkromme wordt deze onderstaand weergegeven



Figuur 39: *Verloop jaarbelastingsduurkromme koeling in referentiesituatie (interne warmtelasten: laag; zware massa; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Oppervlakte school: 490 m^2)*

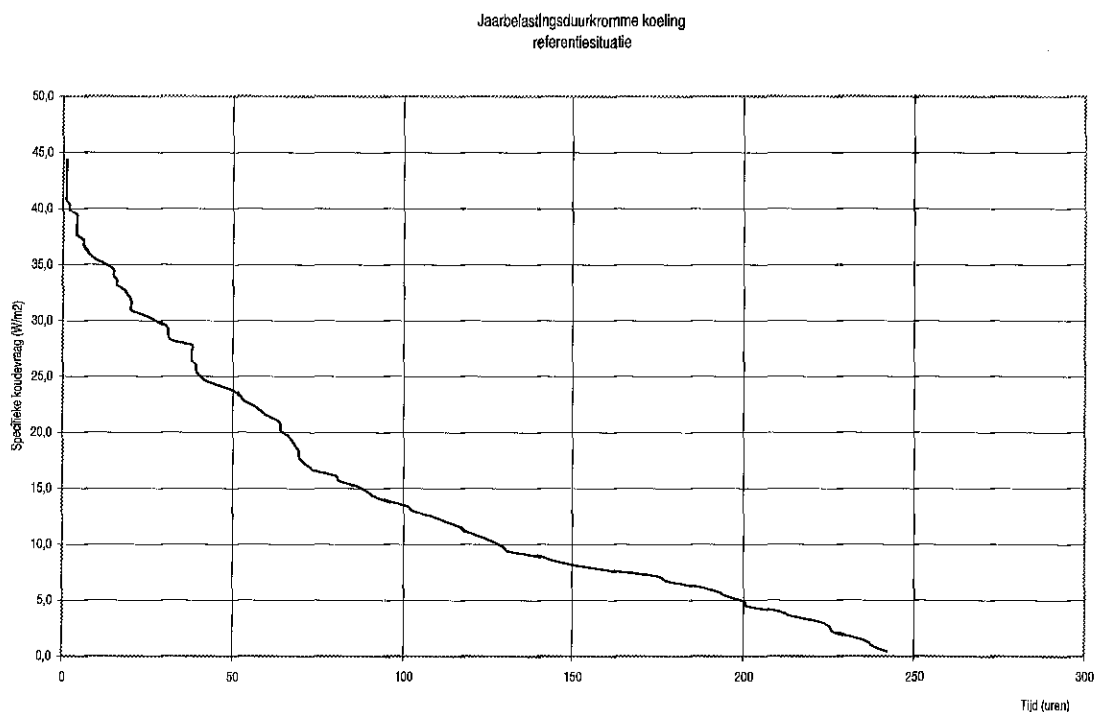
3.4.3 Verandering in de warmtevraag

Opties voor het verminderen van energievraag voor verwarming en koeling zijn geïnventariseerd. Hieronder vallen:

- Extra isolatie;
- Warmteterugwinning uit ventilatielucht
- Efficiënte verlichting;
- Preventie koelverraag door toepassing zonwering, nachtventilatie en extra gebouwmassa;
- Efficiënte verlichting;
- Preventie koelverraag door toepassing zonwering, nachtventilatie en extra gebouwmassa.

3.4.3.1 Effect toepassing extra isolatie

Warmtevraag



Figuur 40: Verloop jaarbelastingsduurkromme koeling in referentiesituatie (interne warmtelasten: laag; zware massa; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Oppervlakte school: 490 m^2)

	$R_c=2,5$	$R_c=3,5$	$R_c=4,5$
Warmtevraag(GJ)	181	178	173

Tabel 36: Effect extra isolatie op warmtevraag in referentiesituatie

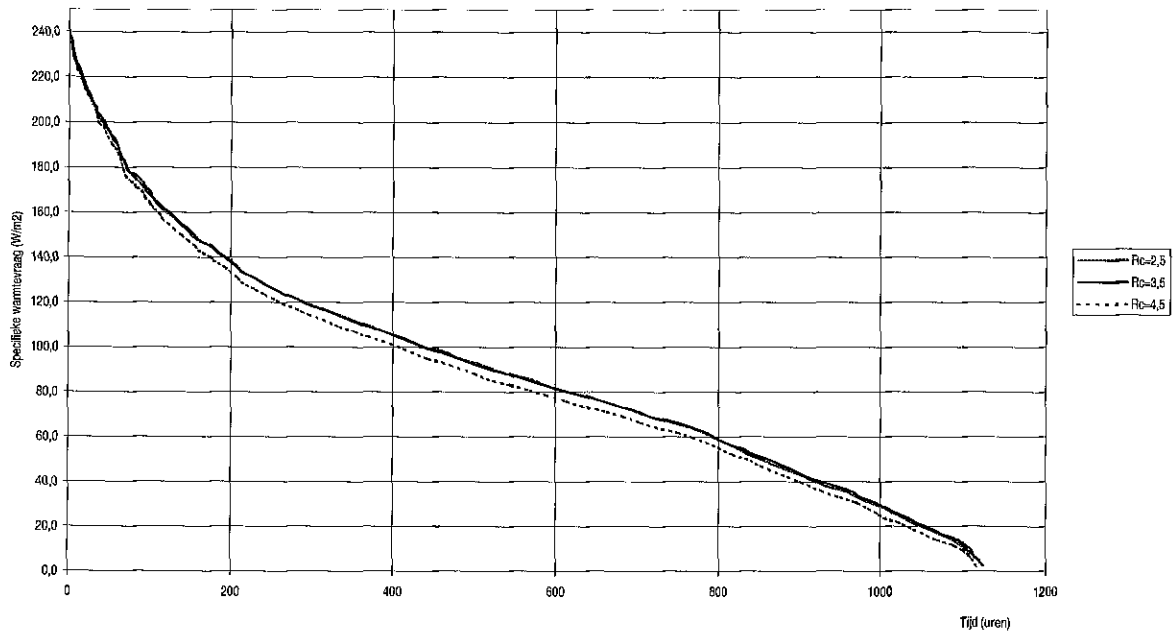
3.4.3.2 Effect toepassing extra massa in gevels en vloeren op warmtevraag

In de referentiesituatie heeft het gebouw zware massa in vloeren en gevels.

	Referentie(Zware massa)	Lichte massa	Middel massa
Warmtevraag (GJ)	181	168	174

Tabel 37: Effect massa op warmtevraag

Jaarbelastingsduurkromme Schoolverwarming
referentiesituatie



Figuur 41: Effect extra isolatie verloop jaarbelastingsduurkromme verwarming zware massa (interne warmtelasten: laag; zware massa Oppervlakte school: 490 m²)

3.4.3.3 Warmteterugwinning

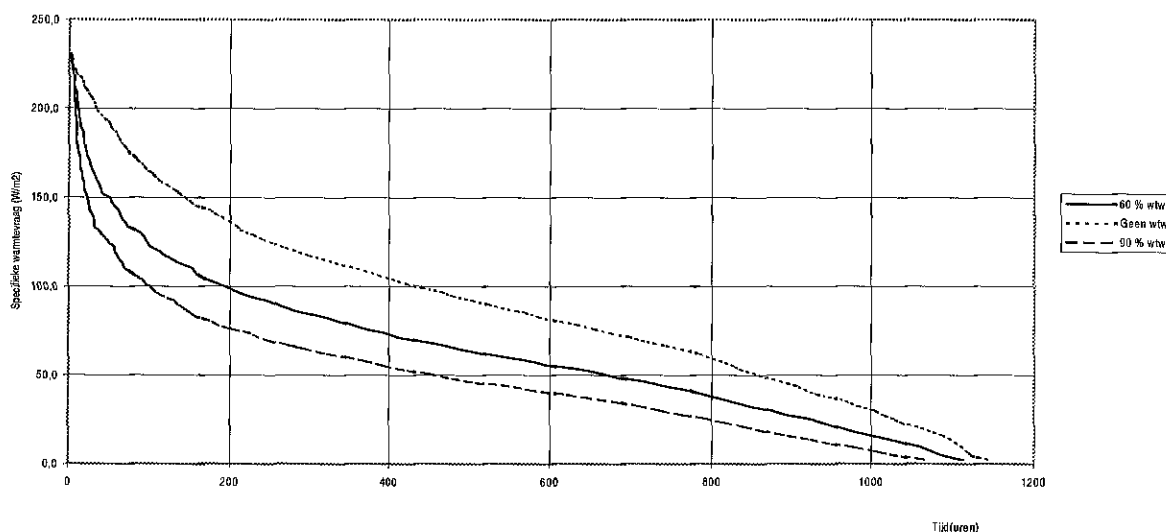
Het verminderen van de warmtevraag kan gebeuren door het toepassen van warmteterugwinning uit de ventilatielucht. Onderzocht zijn het effect van verschillende rendementen van warmteterugwinning: 60 en 90% op de energievraag en het verloop van de jaarbelastingsduurkromme voor ruimteverwarming.

	geen WTW	WTW = 60%	WTW = 90%
Warmtevraag (GJ) per jaar.	181	123	88

Tabel 38: Jaarlijkse warmtevraag met en zonder warmteterugwinning

In de onderstaande grafiek zijn de jaarbelastingsduurkrommen weergegeven voor: geen wtw, 60% en 90% WTW.

Jaarbelastingduurkromme Schoolverwarming
geen WTW; 60%en 90% WTW

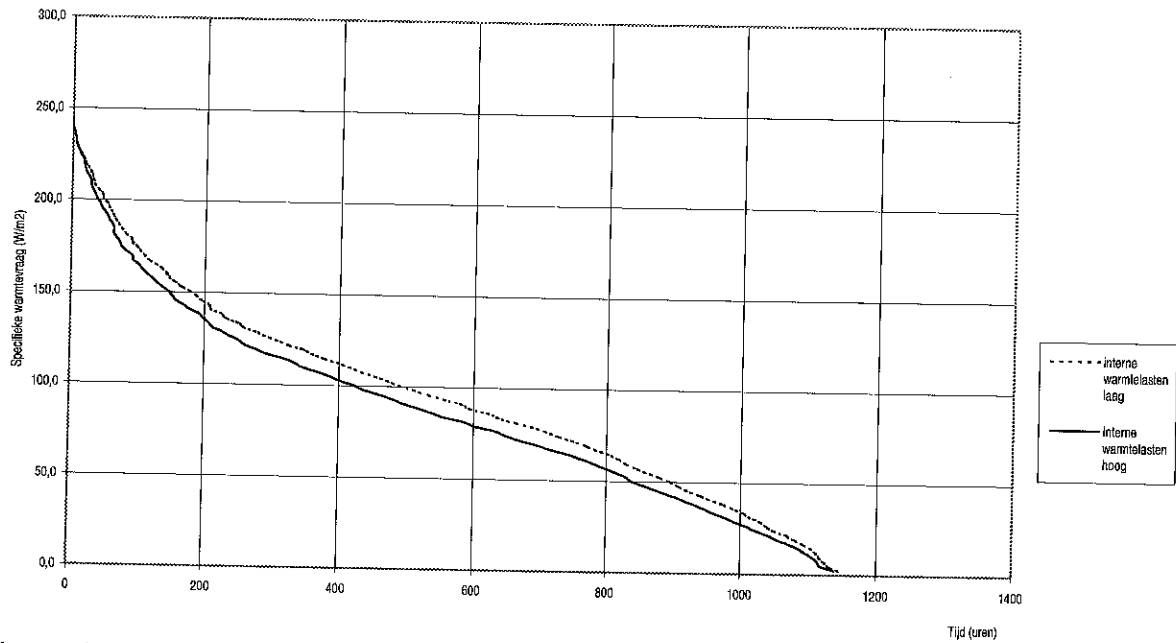


Figuur 42: Effect warmteterugwinning op verloop jaarbelastingduurkromme verwarming (interne warmtelasten: laag; zware massa; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Oppervlakte school: 490 m^2)

3.4.3.4 Effecten interne warmtelasten

De interne warmtelasten in het gebouw worden teweeggebracht door met name de warmteontwikkeling door de toegepaste verlichting. Een 2^o bron zijn de aanwezige volwassenen en kinderen in de school. Het gebruik van het sportlokaal zal gedurende de gebruikstijden resulteren in een grotere warmteontwikkeling door de sportende kinderen. Het geïnstalleerde verlichtingsvermogen bedroeg voor de school gemiddeld $6,6 \text{ W/m}^2$. Dit is reeds zeer efficiënt. Een minder zuinige verlichting resulteert in 18 W/m^2 aan geïnstalleerd vermogen. Voor de kinderen in de klaslokalen is gerekend met 15 W/m^2 . Voor sportende kinderen is gerekend met een warmteproductie van 100 W per kind. Met deze waarden zijn warmtevraag en koelvraag voor het gebouw bepaald.

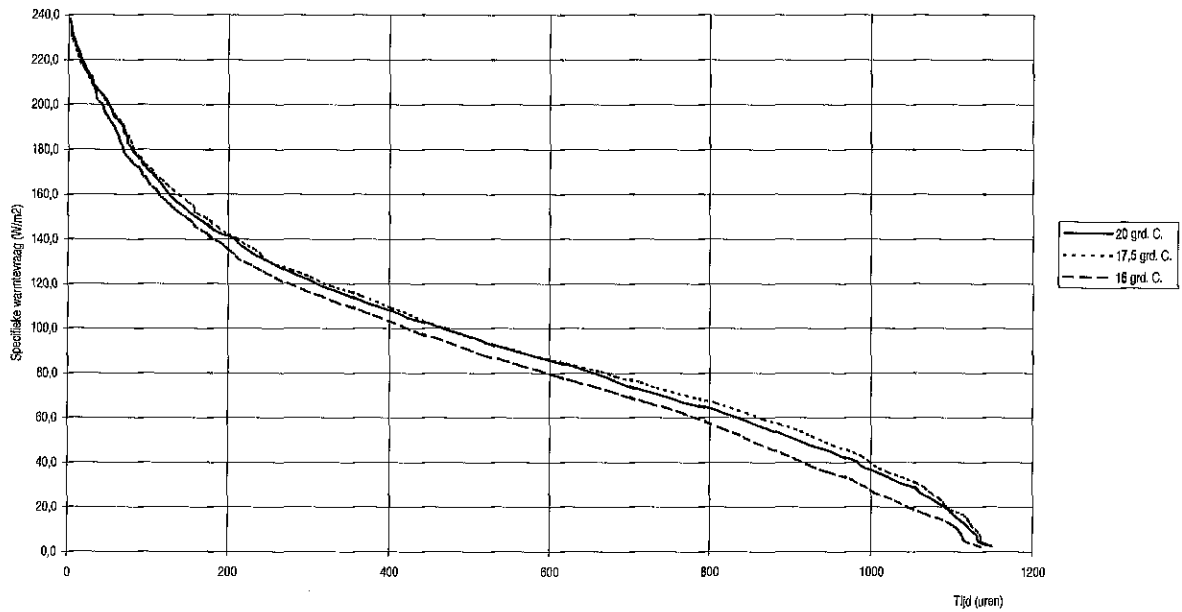
Jaarbelastingsduurkromme Schoolverwarming
referentie



Figuur 43: Jaarbelastingsduurkromme verwarming bij hoge en lage interne warmtelasten (zware massa; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Oppervlakte school: 490 m^2)

3.4.3.5 Effecten nachtverlaging

In de referentiesituatie is uitgegaan van een nachtverlaging tot $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Om het effect te bestuderen van een andere nachtverlaging zijn simulaties uitgevoerd waarbij de nachtverlaging is gesteld op resp. $17,5 \text{ }^\circ\text{C}$ en $20 \text{ }^\circ\text{C}$ (dus geen nachtverlaging)



Figuur 44: Effecten toepassing andere nachtverlagingstemperatuur op belastingduurkromme schoolgebouw (interne warmtelasten: laag; zware massa; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Oppervlakte school: 490 m^2)

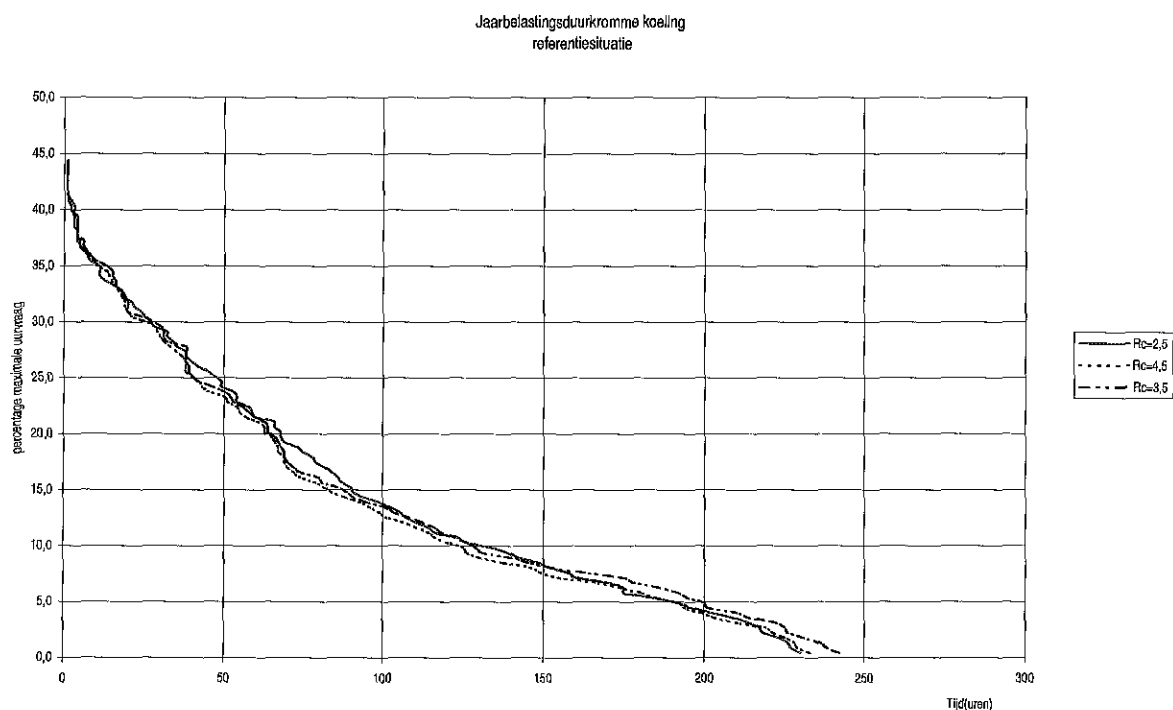
In onderstaande tabel wordt de totale warmtevraag bij de verschillende nachtverlagingstemperaturen weergegeven

	15 °C.	17,5 °C.	20 °C.
Warmtevraag (GJ)	180	184	194

Tabel 39 : Warmtevraag bij de onderzochte nachtverlagingstemperaturen onderwijsgebouw referentiesituatie

3.4.4 Verandering in de koudevraag

3.4.4.1 Effect extra isolatie op koelvraag



Figuur 45: Effect extra isolatie verloop jaarbelastingsduurkromme koeling (interne warmtelasten: laag; zware massa. Oppervlakte school: 490 m²)

	Rc= 2,5	Rc=3,5	Rc=4,5
Koelvraag(GJ) per jaar	6,0	6,6	7,2

Tabel 40: Effect extra isolatie op koelvraag

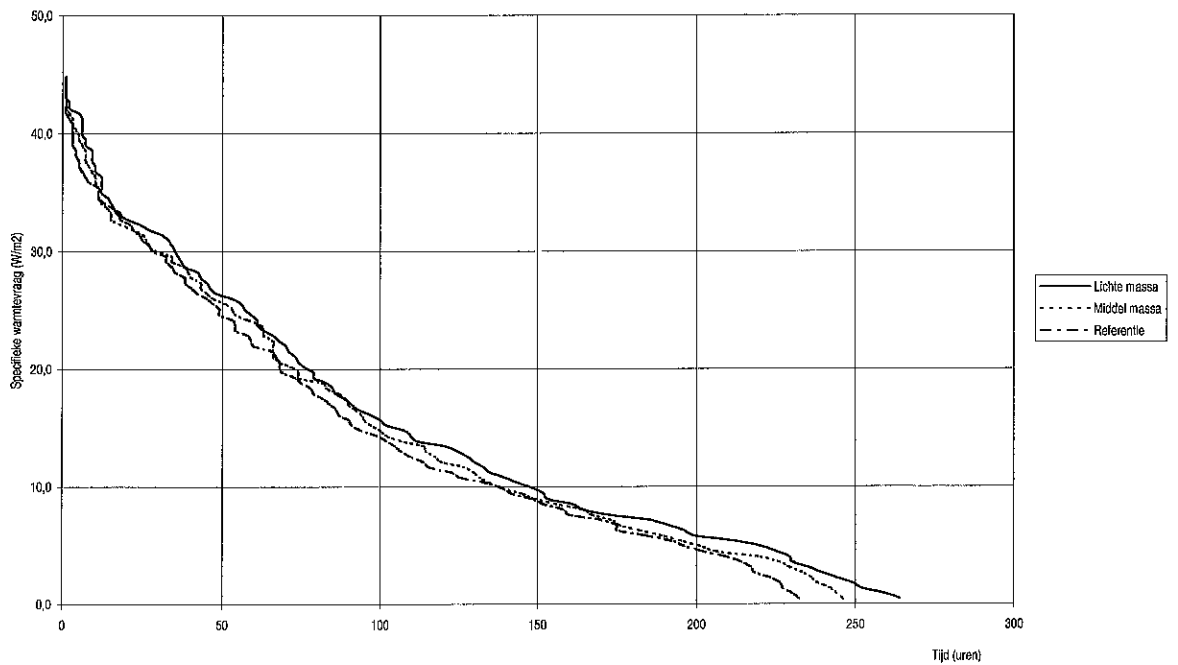
3.4.4.2 Effect toepassing extra massa in gevels en vloeren

	Referentie(zware massa)	Lichte massa	Middel massa
Koelvraag(GJ) per jaar	6,0	7,9	7,0

Tabel 41: Effect grotere massa op koelvraag

In de onderstaande grafiek wordt het verloop van de jaarbelastingsduurkromme voor koeling weergegeven bij de 3 varianten zwaar, licht en middelzware massa van vloeren, wanden en gevels

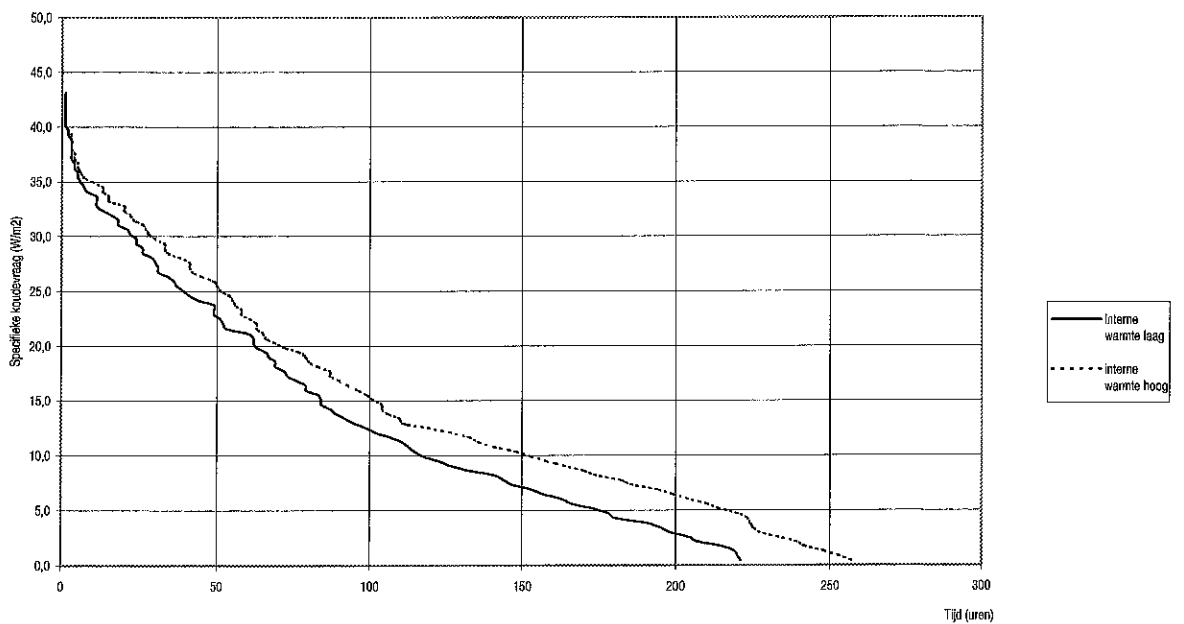
Jaarbelastingsduurkromme Schoolkoeling referentiesituatie



Figuur 46: Effect massa verloop jaarbelastingsduurkromme koeling (interne warmtelasten: laag; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Oppervlakte school: 490 m^2)

3.4.4.3 Effect interne warmtelasten

Jaarbelastingsduurkromme Schoolkoeling referentie



Figuur 47: Jaarbelastingsduurkromme koeling bij hoge en lage interne warmtelasten (zware massa; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. Oppervlakte school: 490 m^2)

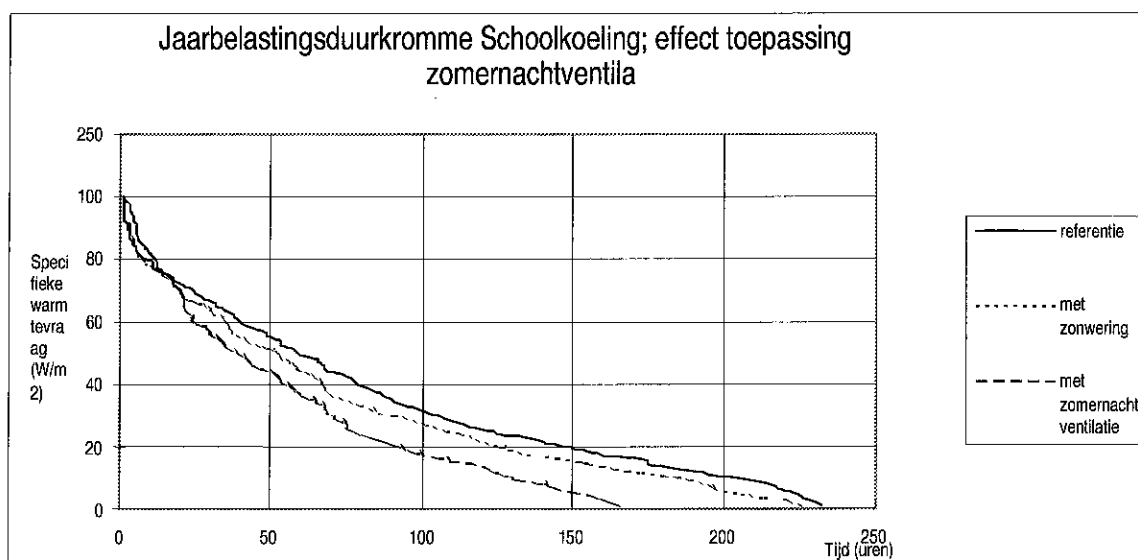
3.4.4.4 Toepassing zonwering/zomernachtventilatie

Een methode om de koelvraag gedurende de gebruiksuren te verlagen is het toepassen van zonwering. Het onderwijs gebouw kent veel ramen op het oosten (van de klaslokalen) en weinig ramen op de andere oriëntaties. Allereerst het aantal overschrijdingsuren (boven 25 °C. in de referentiesituatie:

	Klaslokalen	Sportlokaal	Kantoor	Overblijfkamer
Referentiesituatie	292	13	8	22
Zonwering	189	2	0	3
Zomernachtventilatie	184	4	0	0

Tabel 42: Aantal overschrijdingsuren per zone

Voor het inzetten van de zonwering kunnen een aantal criteria worden gekozen. Een mogelijkheid is de zonwering te sturen op basis van buitentemperatuur en invallende zonstraling. In dit geval is gekozen voor alleen de invallende zonstraling: als de directe straling groter is dan 400 W/m² wordt de zonwering omlaag gedaan. Zomernachtventilatie wordt toegepast gedurende de uren buiten de gebruikstijden. De jaarbelastingsduurkromme voor koeling zien er dan uit als in figuur 10.



Figuur 48: Jaarbelastingsduurkromme koeling bij toepassing zonwering en zomernachtventilatie (interne warmtelasten: laag; zware massa; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ Oppervlakte school: 490 m^2)

Het gevraagde koelvermogen ziet er als volgt uit:

	Referentie	Zonwering	Zomernachtventilatie
Koelvraag(GJ) per jaar	6,0	5,8	3,2

Tabel 43: Koudevraag bij toepassing zonwering en zomernachtventilatie

3.4.4.5 Effecten andere ruimtetemperatuur op koudevraag

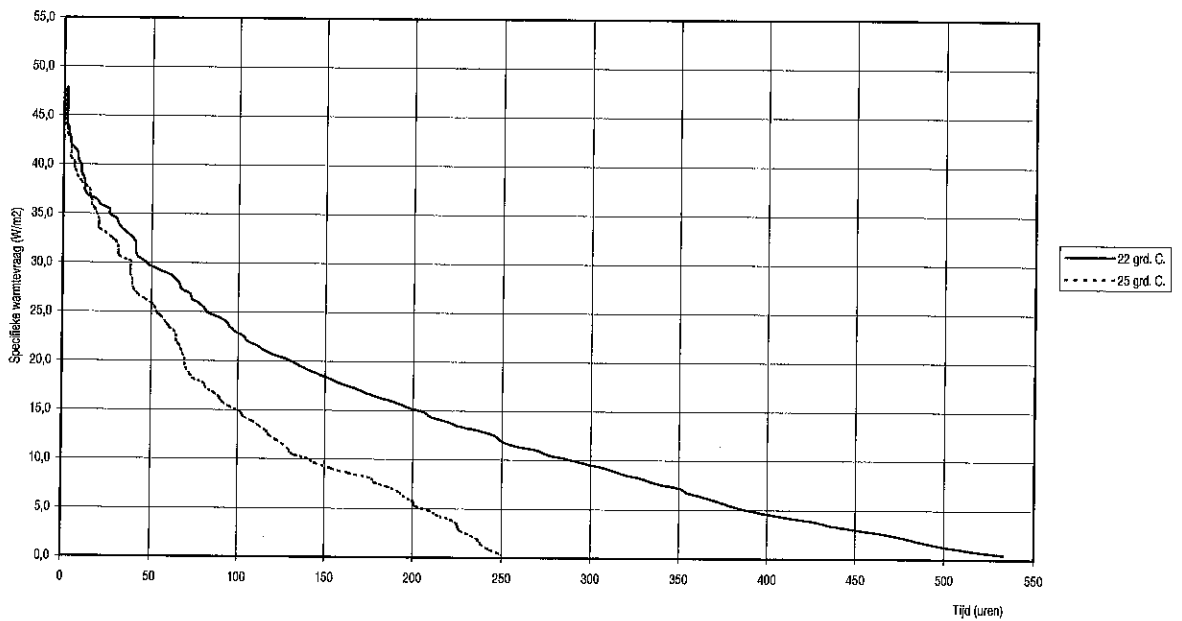
Bij de voorgaande berekeningen is uitgegaan dat koeling, voor zover in onderwijsgebouwen al koeling wordt toegepast, ingezet wordt als topkoeling. De ruimtetemperatuur waarop de koeling wordt ingeschakeld bedraagt 25 °C. Berekeningen ter bepaling van de belastingduurkromme en

het gevraagde energie voor koeling zijn uitgevoerd waarbij de ruimtetemperatuur is gesteld op 22 °C.

	Referentie (25° C).	Ruimtetemperatuur 22° C.
Koelvraag(GJ) per jaar	6,0	12,3

Tabel 44: Koudevraag bij toepassing zonwering en zomernachtventilatie

Jaarbelastingduurkromme Schoolkoeling ruimtetemperatuur 20 grad. C.



Figuur 49 :Jaarbelastingduurkromme koeling bij toepassing ruimtetemperatuur 20 ° C (interne warmtelasten:laag; zware massa; Rc= 2,5 m² K/W. Oppervlakte school: 490 m²)

Samenvatting onderwijsgebouw
Warmtevraagreductie

Effect interne warmtelasten

In tabelvorm worden de resultaten:

percentage	Interne warmtelasten laag	Interne warmtelasten hoog
<10	95	116
10 tot 20	142	166
20 tot 30	157	188
30 tot 40	216	209
40 tot 50	187	183
50 tot 60	141	108
60 tot 70	89	75
70 tot 80	53	38
80 tot 90	35	34
90 tot 100	28	20
100	1	1
Totaal	1144	1138

Tabel 45: Aantal uren warmtevraag bij hoge en lage interne warmtelasten uitgedrukt in procenten maximaal vermogen (zware massa; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$)

Extra massa

Het verloop van de jaarbelastingsduurkromme wordt in de onderstaande tabel nog eens geïllustreerd.

Percentage	Zware massa	Lichte massa	Middel Massa
<10	104	109	112
10 tot 20	152	182	161
20 tot 30	171	228	198
30 tot 40	212	206	233
40 tot 50	186	167	169
50 tot 60	127	95	104
60 tot 70	84	66	68
70 tot 80	46	37	40
80 tot 90	36	30	38
90 tot 100	24	18	18
100	1	1	1
Totalen	1143	1139	1142

Tabel 46: Aantal uren warmtevraag uitgedrukt in procenten maximaal vermogen (interne warmtelasten: laag; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$)

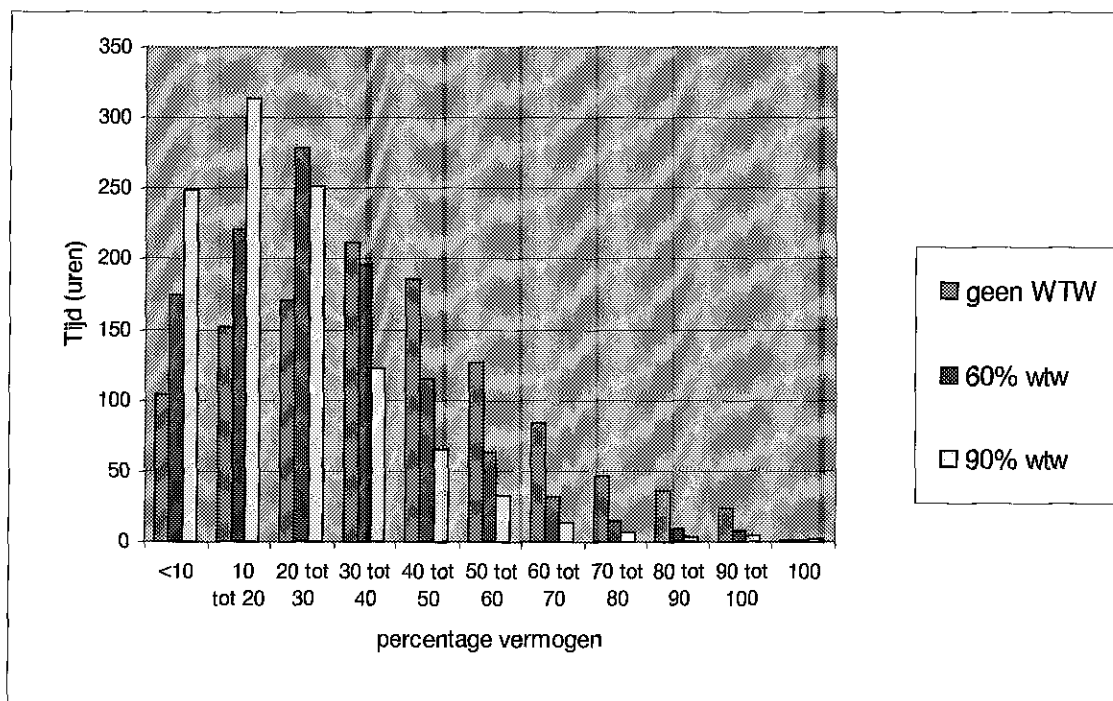
Warmteterugwinning

In de onderstaande tabel wordt het aantal uren warmtevraag uitgedrukt in procenten maximaal vermogen nog eens weergegeven voor toepassing warmteterugwinning.

Percentage	geen wtw	60% wtw	90% wtw
<10	104	174	249
10 tot 20	152	221	314
20 tot 30	171	279	252
30 tot 40	212	196	122
40 tot 50	186	116	66
50 tot 60	127	63	33
60 tot 70	84	32	14
70 tot 80	46	15	7
80 tot 90	36	9	3
90 tot 100	24	8	4
100	1	1	2
Totaal	1143	1114	1066

Tabel 47: Aantal uren warmtevraag met en zonder wtw uitgedrukt in procenten maximaal vermogen (massa: zwaar; interne warmtelasten: laag; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$)

In onderstaande grafiek is bovenstaande tabel nog eens grafisch weergegeven.



Figuur 50: Aantal uren warmtevraag met en zonder wtw uitgedrukt in procenten maximaal vermogen (massa: zwaar; interne warmtelasten: laag; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$)

Uit de bovenstaande grafiek kan worden afgeleid dat toepassing van warmteterugwinning leidt tot een groter aantal uren waarop de verwarmingsinstallatie op deellast draait. Dit heeft een negatieve invloed op het rendement van de installatie

Toepassing extra isolatie

Percentage	Rc=2,5 (referentie)	Rc=3,5	Rc=4,5
<10	104	106	111
10 tot 20	152	156	159
20 tot 30	171	178	184
30 tot 40	212	222	218
40 tot 50	186	183	181
50 tot 60	127	115	109
60 tot 70	84	78	74
70 tot 80	46	43	41
80 tot 90	36	36	34
90 tot 100	24	22	23
100	1	1	1
Totalen	1143	1140	1135

Tabel 48: Aantal uren warmtevraag uitgedrukt in procenten maximaal vermogen (massa: zwaar; interne warmtelasten: laag)

Koudevraagreductie

Extra isolatie

Percentage	Rc=2,5(referentie)	Rc=3,5	Rc=4,5
<10	46	33	26
10 tot 20	54	62	65
20 tot 30	43	38	42
30 tot 40	26	30	33
40 tot 50	20	14	12
50 tot 60	19	17	20
60 tot 70	16	18	18
70 tot 80	16	11	10
80 tot 90	5	7	8
90 tot 100	2	1	1
100	1	1	1
Totalen	248	232	236

Tabel 49: Aantal uren koelvraag uitgedrukt in procenten maximaal vermogen (massa: zwaar; interne warmtelasten: laag)

Effect massa

percentage	Referentie massa	Lichte massa	Middel Massa
<10	46	39	40
10 tot 20	54	72	57
20 tot 30	43	32	35
30 tot 40	26	35	27
40 tot 50	20	18	21
50 tot 60	19	22	23
60 tot 70	16	15	18
70 tot 80	16	19	15
80 tot 90	5	6	6
90 tot 100	2	5	3
100	1	1	1
	248	262	246

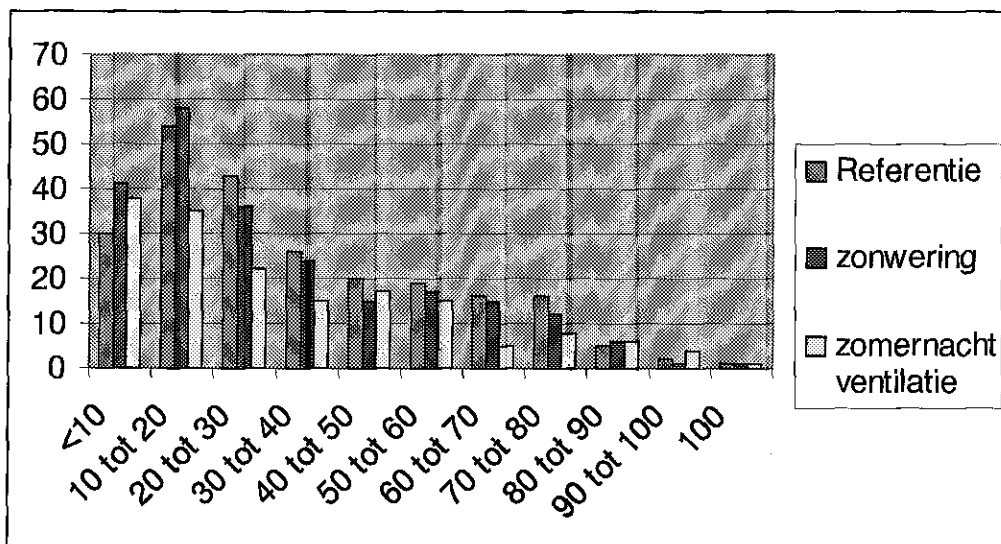
Tabel 50: Aantal uren koelvraag uitgedrukt in procenten maximaal vermogen (interne warmtelasten: laag; Rc= 2,5 m² K/W)

Toepassing zonwering en zomernachtventilatie

	Referentie	Zonwering	zomernachtventilatie
<10	46	41	38
10 tot 20	54	58	35
20 tot 30	43	36	22
30 tot 40	26	24	15
40 tot 50	20	15	17
50 tot 60	19	17	15
60 tot 70	16	15	5
70 tot 80	16	12	8
80 tot 90	5	6	6
90 tot 100	2	1	4
100	1	1	1
	248	217	166

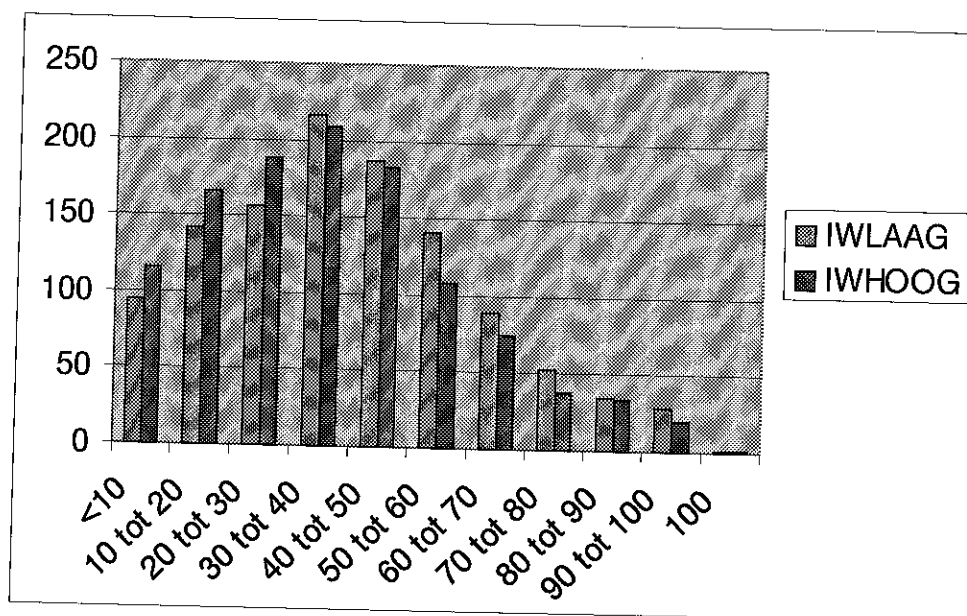
Tabel 51: Aantal uren koelvraag uitgedrukt in procenten maximaal vermogen (massa: zwaar; interne warmtelasten: laag; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$)

In figuur 50 is het verschil in koelvermogen goed te zien:



Figuur 51: Aantal uren koelvraag uitgedrukt in procenten maximaal vermogen (massa: zwaar; interne warmtelasten: laag; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$)

Effect interne warmtelasten



Figuur 52: Aantal uren koudevraag in procenten van het maximaal vermogen (massa: zwaar; $R_c = 2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$)

3.5 Bijeenkomstgebouw

3.5.1 Algemene omschrijving gebouw

Het bijeenkomstgebouw waarvan in dit rapport de warmte- en koudevraag patronen zijn opgesteld bestaat uit een gebouw met een begane grond, waarboven één verdieping is aangebracht. De totale oppervlakte van dit bijeenkomstgebouw is 626 m², bij een totale inhoud van ca. 2570 m³. De totale oppervlakte van het gebouw (626 m²) wordt verwarmd en gekoeld.

Op de eerste verdieping van het bijeenkomstgebouw is een tweetal slaapkamers aangebracht met in totaal 4 bedden. Iedere slaapkamer is voorzien van een douche met een wastafel.

Het bijeenkomstgebouw is onlangs gebouwd en voldoet aan de EP voor utiliteitsgebouwen. Het bijeenkomstgebouw heeft volgens de EP 4 gebouwfuncties, te weten:

- Kantoorgebouw;
- Logiesgebouw;
- Horecagebouw;
- Bijeenkomstgebouw.

In de onderstaande tabel is weergegeven wat de EP-coëfficiënt voor de betreffende gebouwfunctie is. Eveneens is de destijds geldende eis voor de gebouwfunctie weergegeven.

Gebouwfunctie	EP-coëfficiënt	EP-eis
Kantoorgebouw	1,34	1,60
Logiesgebouw	1,76	2,10
Horecagebouw	1,59	1,90
Bijeenkomstgebouw	2,01	2,40

Tabel 52: EP-coëfficiënten bijeenkomstgebouw

Dit resulteert in een Q pres. totaal/Q pres. toelaatbaar van 0,84.

De primaire energiegebruiken in MJ volgens de EP-berekening zijn als volgt:

Qprim; verwarming	414176
Qprim; ventilatoren	88402
Qprim; verlichting	111020
Qprim; pompen	7346
Qprim; warm tapwater	8960

Tabel 53: Energiegebruiken bijeenkomstgebouw in MJ

De ramen bestaan uit HR glas ($U=1,7$ W/m² K). De gevels, de vloer en het dak hebben een Rc-waarde van 2,8 m² K/W. Ventilatie in het kantoorgebouw vindt plaats met mechanische toe- en afvoer. Er is geen warmteterugwinningsinstallatie aanwezig. Verwarming vindt plaats door middel van een HR ketel. Het gebouw is **niet** voorzien van een koelinstallatie. De openingstijden van het kantoorgebouw zijn van 07.00 tot 23.00 uur, gedurende 7 dagen per week en gedurende 52 weken per jaar.

Gebruikte bouwmaterialen

In TRNSYS zijn de gegevens ingevoerd zoals deze zijn weergegeven op de bouwtekeningen van het betreffende bijeenkomstgebouw. De toegepaste gevels bestaan uit een binnenspouwblad van metselstenen, isolatiemateriaal, een luchtpouw en een buitenspouwblad van metselstenen.

De begane grond bestaat uit een afdeklaag, grindbeton en isolatie. Onder de vloer is een kruipruimte. De verdiepingvloeren bestaan uit een afdeklaag en grindbeton. Het dak is opgebouwd uit grind, dakbedekking, isolatie en een draagconstructie van beton.

De dragende binnenmuren zijn opgebouwd uit kalkzandsteen, een luchtpouw en kalkzandsteen, terwijl de overige binnenmuren zijn opgebouwd uit een lichte wandconstructie. Alle ramen hebben een U-waarde van $1,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, met een zontoetredingsfactor van 60 %. De ramen zijn niet voorzien van zonweringen.

Interne warmtelast

Bij de simulaties is voor de interne warmtelast een schema aangehouden. Het gesimuleerde bijeenkomstgebouw bevat naast de gebouwfunctie bijeenkomstgebouw, nog 4 andere gebouwfuncties, te weten een horecagebouw, kantoorgebouw, algemene ruimte en logiesgebouw. Deze gebouwfuncties hebben volgens NEN 2916 verschillende warmtelasten. Voor het simuleren van dit bijeenkomstgebouw in TRNSYS is het gebouw onderverdeeld in 3 zones, waarbij in sommige zones meerdere gebouwfuncties voorkomen. De interne warmtelasten zijn naar evenredigheid van oppervlakte over de verschillende zones verdeeld. Dit resulteert in het onderstaande schema.

Periode	Interne warmte- last zone 1 [W/m^2]	Interne warmte- last zone 2 [W/m^2]	Interne warmte- last zone 3 [W/m^2]
00.00 - 05.00 uur	0	0	5
05.00 - 10.00 uur	0	0	18
10.00 - 12.00 uur	18	8	13
12.00 - 13.00 uur	0	0	0
13.00 - 16.00 uur	18	8	5
16.00 - 18.00 uur	0	0	18
18.00 - 00.00 uur	0	8	13

Tabel 54: *Interne warmtelasten bijeenkomstgebouw*

Dit schema is gedurende 7 dagen per week aangehouden.

Opmerkingen

Zone 1 is een ontvangstruimte. Zone 2 bestaat uit een hal, een pantry, een berging, een keuken, sanitaire ruimtes en een activiteitenruimte. Zone 3 bestaat uit slaapkamers, een woonkamer, bergingsruimtes, kantoren en vergaderruimtes.

In de interne warmtelast in zone 1 en zone 2 is een post van 8 W/m^2 opgenomen voor de verlichting.

Infiltratievoud

Ten aanzien van de infiltratie is gerekend met een waarde van $0,26 \text{ dm}^3/\text{s m}^2$. Dit resulteert in een infiltratievoud van 0,15 en 0,31 (afhankelijk van de hoogte van het gebouw). Gerekend is dat er altijd een constante infiltratie is.

Ventilatievoud

Bij de simulaties is voor het ventilatievoud een schema aangehouden. Ook hier geldt dat de verschillende ventilatievouden naar evenredigheid van oppervlakte over de zones zijn verdeeld. Het schema is hieronder weergegeven.

Periode	Ventilatievoud Zone 1 [-]	Ventilatievoud Zone 2 [-]	Ventilatievoud Zone 3[-]
00.00 - 05.00 uur	0	0	0
05.00 - 08.00 uur	0	0	0,53
08.00 - 12.00 uur	2,17	2,44	2,36
12.00 - 13.00 uur	0	0	0,53
13.00 - 16.00 uur	2,17	2,44	2,36
16.00 - 17.00 uur	0	0	0,53
17.00 - 00.00 uur	0	2,17	0,53

Tabel 55: *Ventilatievouden bijeenkomstgebouw*

Dit schema is gedurende 7 dagen per week aangehouden.

Gegevens koelinstallatie

Alhoewel het bijeenkomstgebouw in werkelijkheid niet is voorzien van een koelinstallatie, is er, om toch koudevraag patronen te genereren, in alle simulaties wel een koelmachine ingezet.

De koelinstallatie is zodanig ingezet dat hij inschakelt zodra de temperatuur in een ruimte de 25 °C overschrijdt. Als de temperatuur is gedaald tot 24 °C schakelt de koelinstallatie zich weer uit. Het in TRNSYS ingezette koelvermogen is groot genoeg om op de warmste dag van het jaar een temperatuur tussen 24 en 25 °C te behalen. Het koelvermogen is alleen ingezet ten tijde dat het bijeenkomstgebouw daadwerkelijk "in bedrijf" is (dagelijks tussen 07.00 en 23.00 uur).

Gegevens verwarmingsinstallatie

De verwarmingsinstallatie is zodanig ingezet dat de onderstaande temperaturen gedurende de weergegeven tijden behaald kunnen worden.

Periode	Temperatuur zone 1 en zone 2 [°C]	Temperatuur zone 3 [°C]
00.00 - 07.00 uur	15	15
07.00 - 23.00 uur	18	20
23.00 - 00.00 uur	15	15

Tabel 56: *Temperatuurniveaus bijeenkomstgebouw*

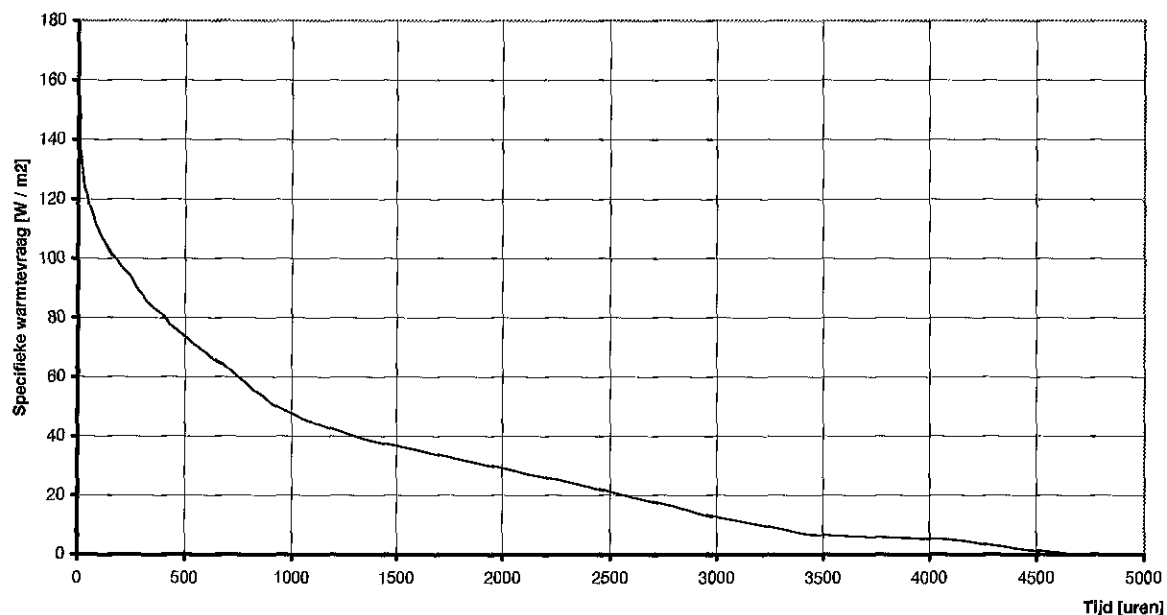
Dit schema wordt 7 dagen per week gevolgd.

Verwarming tapwater

Het bestudeerde bijeenkomstgebouw is voorzien van 2 kamers waarin in totaal 4 mensen kunnen slapen. Beide kamers zijn voorzien van een douche en een wastafel. Volgens [4] is hier per dag en per bed een hoeveelheid van 30 liter warmtapwater van 60 °C voor nodig. Er is aangenomen dat de helft van deze hoeveelheid 's ochtends wordt afgenomen en de andere helft 's avonds.

3.5.1.1 Warmtevraag referentiesituatie

Jaarbelastingduurkromme warmtevraag bijeenkomstgebouw (626 m²)
 Inclusief warm tapwater, zware constructie, Rc=2,8 m² K/W, verlichting is 8 W/m², geen WTW



Figuur 53: Belastingduurkromme warmtevraag bijeenkomstgebouw referentiesituatie (met warm tapwater)

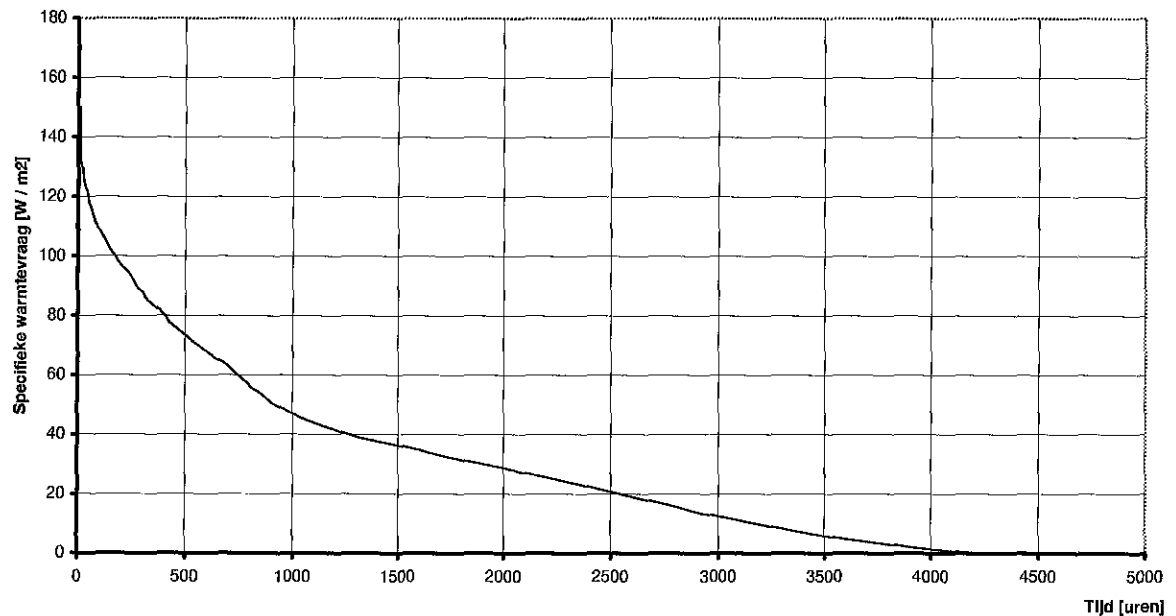
Hieronder zijn de resultaten van de simulatie met enkele aanvullende berekeningen in tabelvorm weergegeven.

Warmtevraag [GJ]	Uur	primaire energie [GJ]	primaire energie [m ³ aardgas/m ² jaar]	Piek [kW]	Piek primaire energie [kW]	Piekvermogen [W/m ²]	Equivalenten uren vollast
328	4694	391	17,5	106	124	169	859

Tabel 57: Warmtevraag bijeenkomstgebouw referentiesituatie, inclusief warm tapwater

Bij de warmtevraag van de in dit rapport behandelde gebouwen is niet altijd warm tapwater opgenomen. Om de verschillende gebouwen onderling met elkaar te kunnen vergelijken, is van het bijeenkomstgebouw ook de warmtevraag zonder warm tapwater bepaald.

Jaarbelastingduurkromme warmtevraag bijeenkomstgebouw (626 m²)
 zonder warm tapwater, zware constructie, Rc=2,8 m² K/W, verlichting is 8 W/m², geen WTW



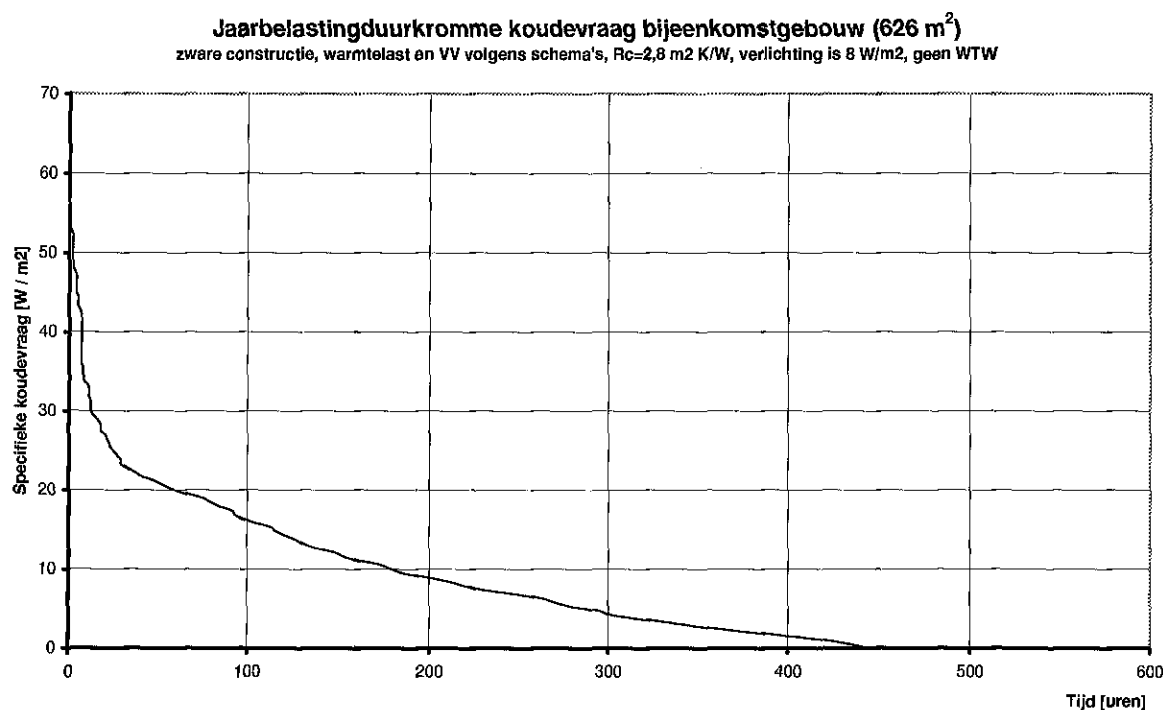
Figuur 54: Belastingduurkromme warmtevraag bijeenkomstgebouw referentiesituatie (zonder warm tapwater)

Hieronder zijn de resultaten van de simulatie met enkele aanvullende berekeningen in tabelvorm weergegeven.

Warmtevraag [GJ]	Uur	primaire energie [GJ]	primaire energie [m ³ aardgas/m ² jaar]	Piek [kW]	Piek primaire energie [kW]	Piekvermogen [W/m ²]	Equivalente uren vollast
318	4210	372	16,6	106	124	169	836

Tabel 58: Warmtevraag bijeenkomstgebouw referentiesituatie, zonder warm tapwater

3.5.1.2 Koudevraag referentiesituatie



Figuur 55: *Belastingduurkromme koudevraag bijeenkomstgebouw referentiesituatie*

Hieronder zijn de resultaten van de simulatie met enkele aanvullende berekeningen in tabelvorm weergegeven.

Koudevraag [GJ]	Uur	primaire energie [GJ]	primaire energie [m ³ aardgas/m ² jaar]	Piek [kW]	Piek primaire energie [kW]	Piekvermogen [W/m ²]	Equivalente uren vollast
10,3	445	5,4	0,24	33,1	17,5	52,9	86

Tabel 59: *Koudevraag bijeenkomstgebouw referentiesituatie*

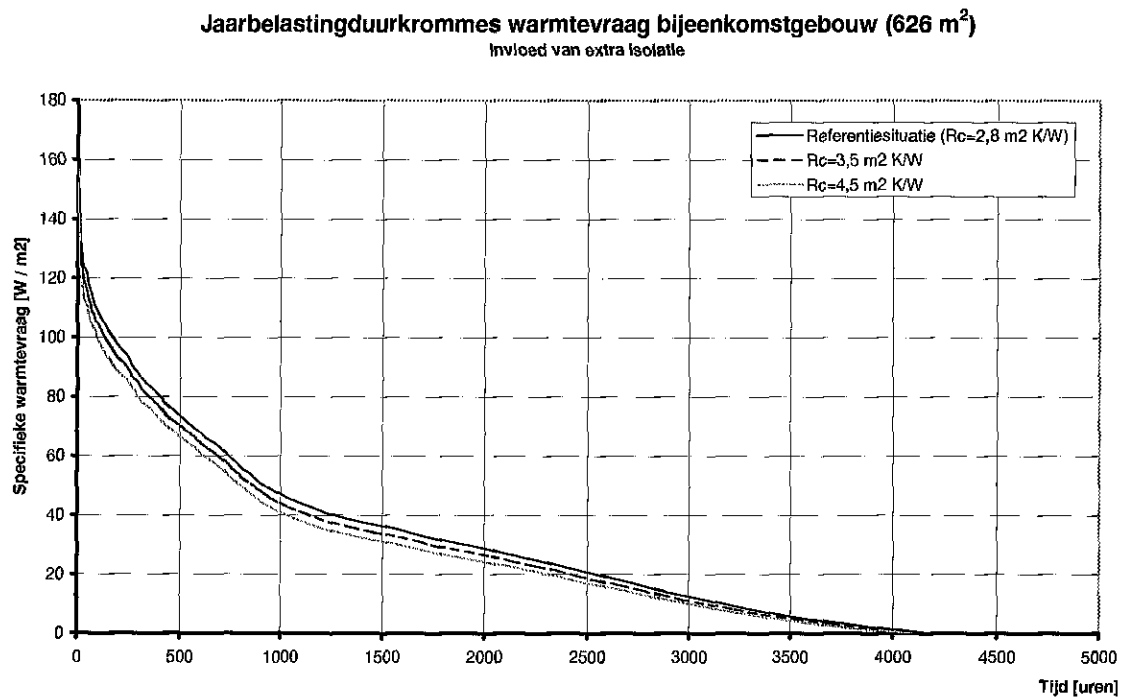
3.5.2 Veranderingen in de warmtevraag

De warmtevraag is afhankelijk van vele factoren. Een aantal van deze factoren is bestudeerd. Deze bestudeerde factoren zijn:

- Extra isolatie (Rc=3,5 en 4,5 m² K/W);
- Warmteterugwinning uit ventilatielucht (rendement 60 en 90 %, in de zomer wordt de WTW uitgeschakeld);
- Minder efficiënte verlichting (12 en 18 W/m²);
- Kleinere gebouwmassa (middelzware en lichte soorten beton en bakstenen).

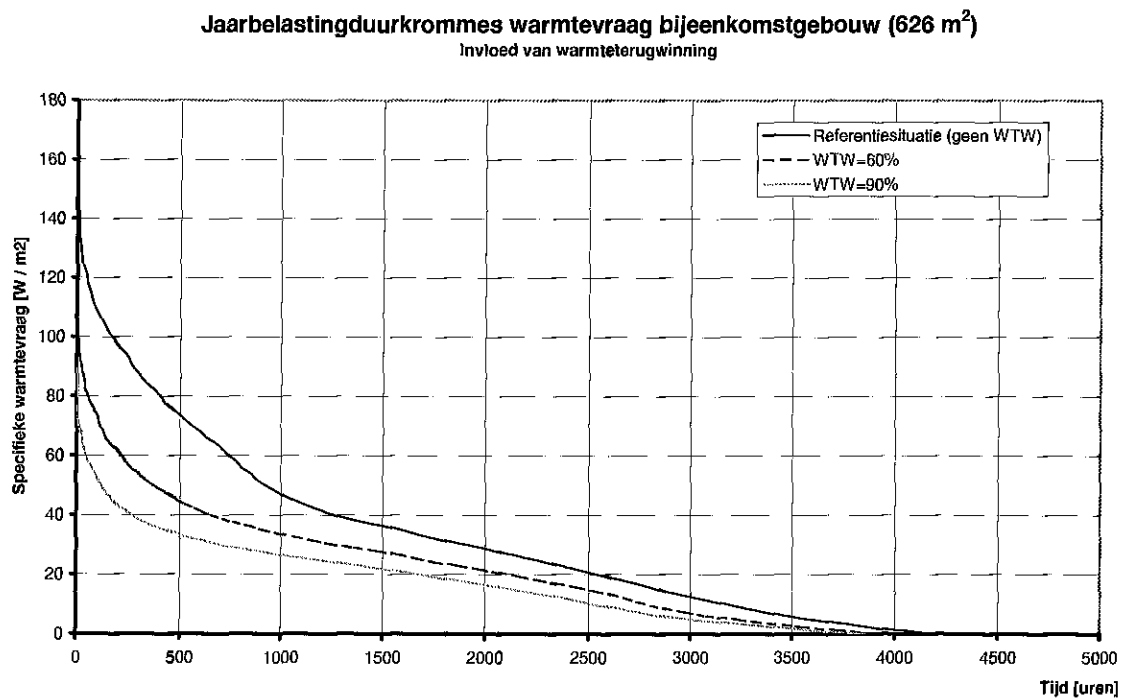
In de onderstaande 4 grafieken zijn de effecten van de hierboven genoemde maatregelen in de vorm van belastingduurkrommes weergegeven. Bij al deze krommes is de warmtevraag voor warm tapwater **niet** in het patroon opgenomen.

3.5.2.1 Invloed extra isolatie



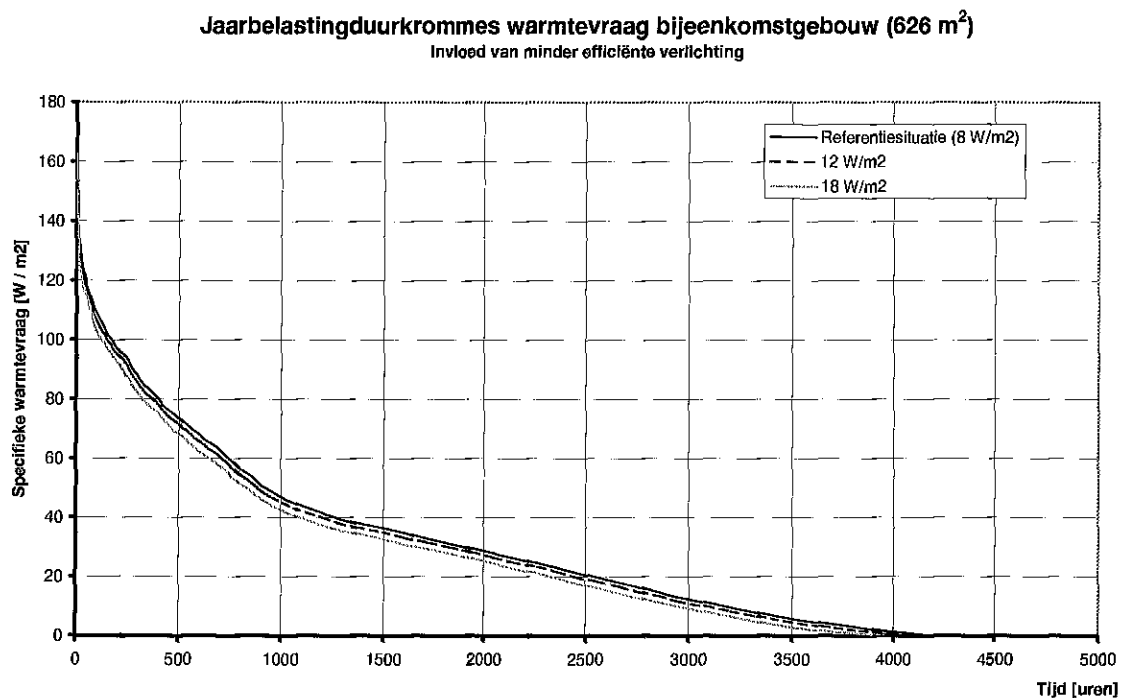
Figuur 56: Belastingduurkromme warmtevraag bijeenkomstgebouw: invloed isolatie

3.5.2.2 Invloed warmteterugwinning



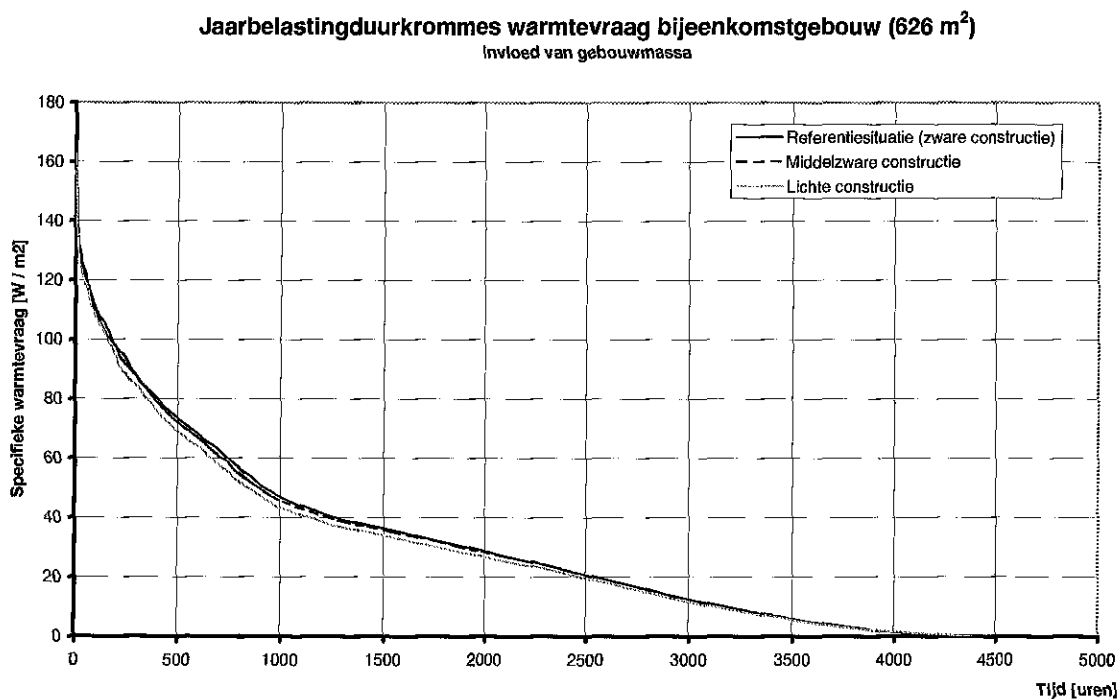
Figuur 57: Belastingduurkromme warmtevraag bijeenkomstgebouw: invloed warmteterugwinning

3.5.2.3 Invloed minder efficiënte verlichting



Figuur 58: Belastingduurkromme warmtevraag bijeenkomstgebouw: invloed verlichting

3.5.2.4 Invloed gebouwmassa



Figuur 59: Belastingduurkromme warmtevraag bijeenkomstgebouw: invloed gebouwmassa

3.5.3 Veranderingen in de koudevraag

De koudevraag is afhankelijk van vele factoren. Een aantal van deze factoren is bestudeerd. De bestudeerde factoren zijn:

- Zomernachtventilatie;
- Buitenzonwering;
- Extra isolatie ($R_c=3,5$ en $4,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$).
- Minder efficiënte verlichting (12 en 18 W/m^2).
- Kleinere gebouwmassa (middelzware en lichte soorten beton en bakstenen).

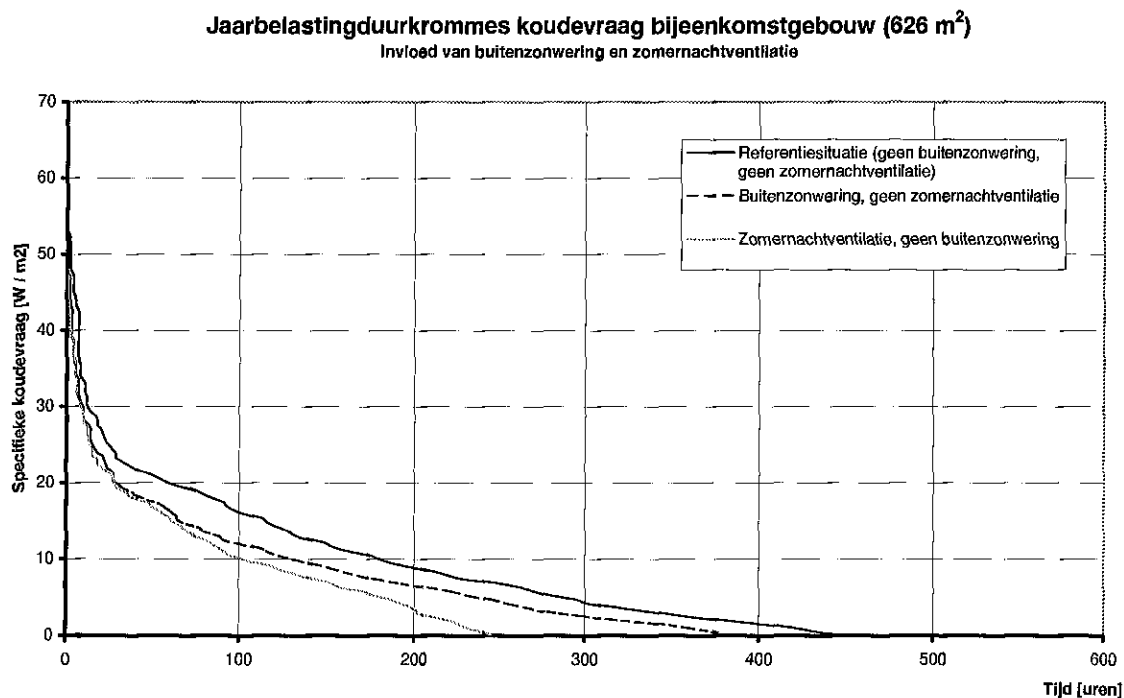
3.5.3.1 Invloed zomernachtventilatie en buitenzonwering

Ten aanzien van zomernachtventilatie is gerekend met de onderstaande ventilatievouden:

Buitemtemperatuur	Ventilatievoud
Lager dan $12 \text{ }^\circ\text{C}$	0
Tussen 12 en $15 \text{ }^\circ\text{C}$	1
Tussen 15 en $18 \text{ }^\circ\text{C}$	2
Hoger dan $18 \text{ }^\circ\text{C}$	0

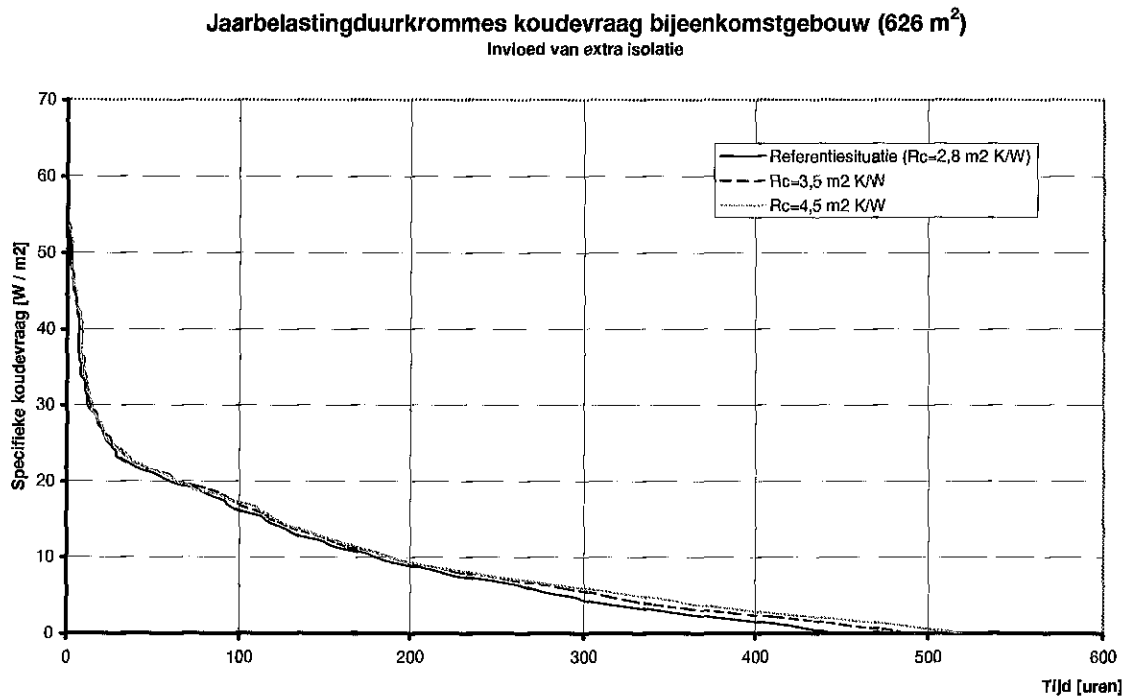
Tabel 60: Ventilatievouden zomernachtventilatie bijeenkomstgebouw

Ten aanzien van buitenzonweringen is verondersteld dat deze naar beneden worden gedaan zodra de directe zonnestraling een waarde van 400 W/m^2 op het betreffende venster heeft bereikt.



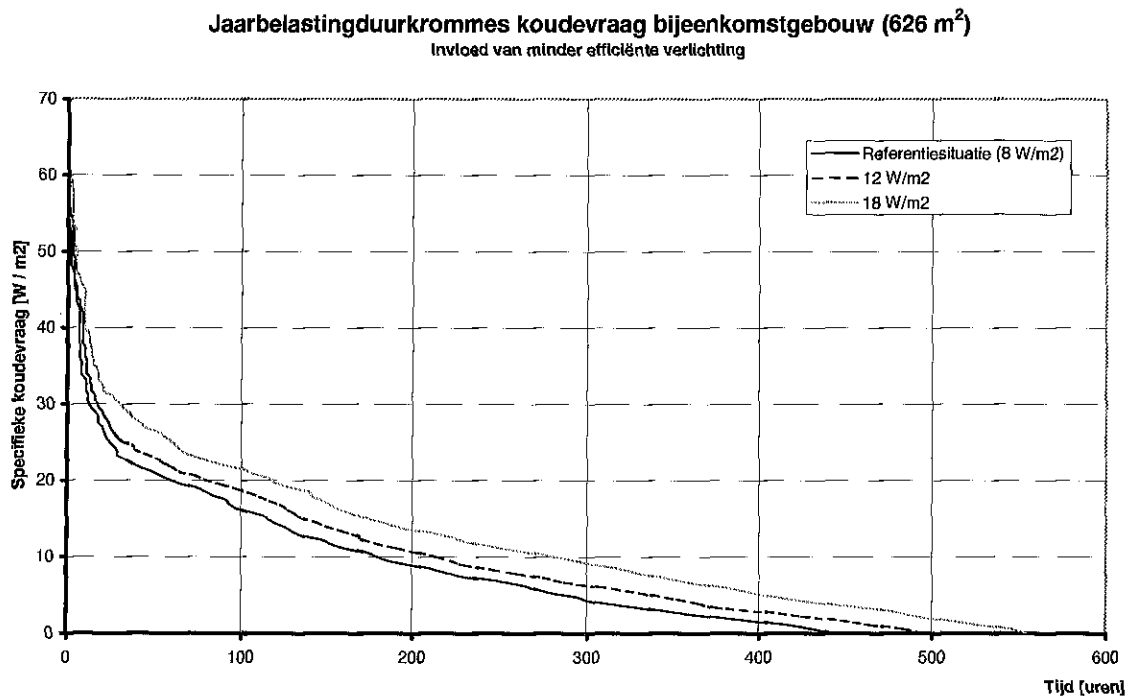
Figuur 60: Belastingduurkromme koudevraag bijeenkomstgebouw: invloed zomernachtventilatie en zonwering

3.5.3.2 Invloed extra isolatie



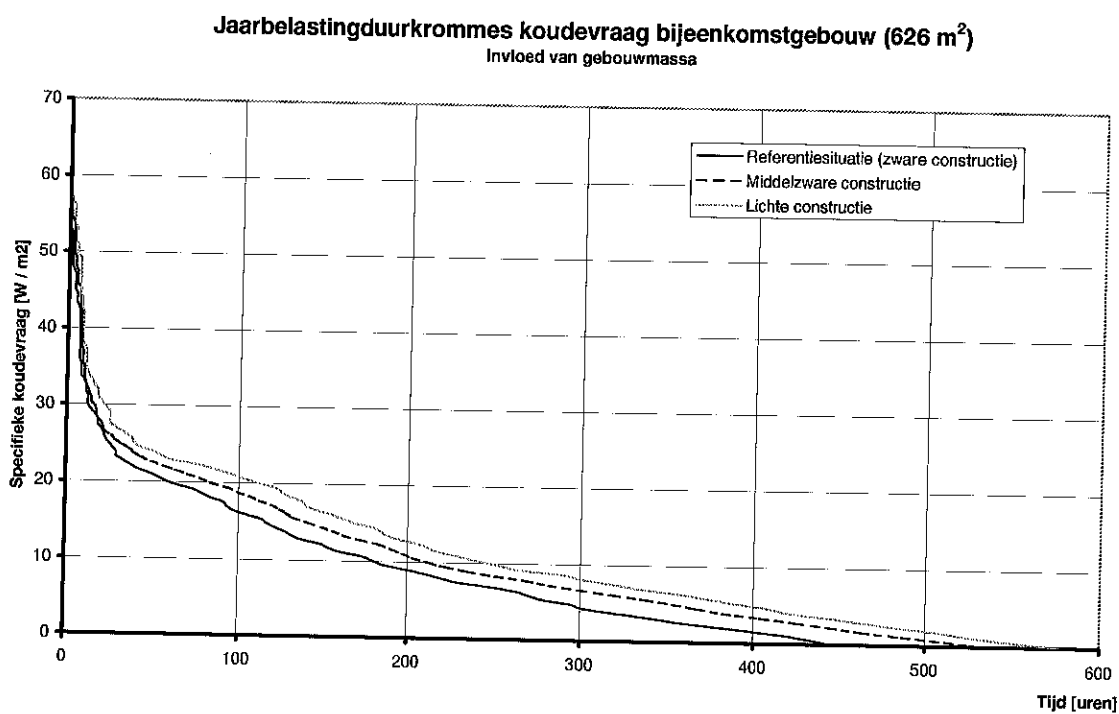
Figuur 61: *Belastingduurkromme koudevraag bijeenkomstgebouw: invloed isolatie*

3.5.3.3 Invloed minder efficiënte verlichting



Figuur 62: *Belastingduurkromme koudevraag bijeenkomstgebouw: invloed verlichting*

3.5.3.4 Invloed gebouwmassa



Figuur 63: Belastingduurkromme koudevraag bijeenkomstgebouw: invloed gebouwmassa

3.5.4 Samenvatting bijeenkomstgebouw

3.5.4.1 Warmtevraag

In de tabel op de volgende bladzijde zijn de gegevens uit de hierboven weergegeven belastingduurkrommes nog eens overzichtelijk naast elkaar weergegeven.

Hieronder worden de diverse belastingduurkrommes nader toegelicht.

Referentiesituatie

Uit de belastingduurkromme valt op te maken dat er slechts een hele korte tijd het maximale vermogen wordt gevraagd. Daarnaast heeft de kromme een tamelijk horizontaal verloop vanaf ca. 3.500 uur tot ca. 4.200 uur. Dit wordt veroorzaakt door het gebruik van warm tapwater, waarvan is gesteld dat dit gedurende 2 uur per dag wordt afgenomen. Het relatief hoge aantal uur warmtevraag wordt veroorzaakt door de ruime openingstijden van het bijeenkomstgebouw.

Invloed van isolatie

Het extra isoleren van het gebouw heeft slechts een geringe invloed op het verloop van de belastingduurkromme. Het piekvermogen en het aantal uur warmtevraag worden door extra isolatie verlaagd. Hierdoor komen de krommes van extra isolatie lager te liggen dan die van de referentiesituatie.

Invloed van warmteterugwinning

Door warmteterugwinning wordt het verloop van de kromme bij relatief hoge vermogens beïnvloed. Dit wordt veroorzaakt doordat de warmteterugwinning alleen (gedeeltelijk) in de herfst, de winter en (gedeeltelijk) in de lente wordt ingeschakeld. Omdat gedurende deze periodes de warmtevraag het grootst is, is ook daar het effect van warmteterugwinning het grootst. Om deze reden liggen de krommes van warmteterugwinning onder die van de referentiesituatie. Bovendien heeft het bijeenkomstgebouw een relatief hoog ventilatievoud, waardoor het effect van warmteterugwinning beter merkbaar is.

Invloed van minder efficiënte verlichting

De verlichting beïnvloedt de krommes slechts in geringe mate. Doordat het aantal uur warmtevraag bij toenemend vermogen voor verlichting afneemt en doordat door toepassing van minder efficiënte verlichting de interne warmtelast wordt vergroot, liggen de krommes bij toenemend vermogen voor verlichting iets onder die van de referentiesituatie.

Invloed van gebouwmassa

Bij een kleinere gebouwmassa kan er minder warmte worden gebufferd. Hierdoor neemt het benodigde verwarmingsvermogen af, waardoor de krommes bij kleiner wordende gebouwmassa onder die van de referentiesituatie komen te liggen.

Percentage van max. warmtevraag	Referentie Rc=2,8, geen WTW 8 W/m ² , zware constr.		Isolatie				WTW				Verlichting 12 W/m ²		Verlichting 18 W/m ²		Gebouwmassa			
	Rc=3,5		Rc=4,5		60%		90%		12 W/m ²		18 W/m ²		Middel		Licht			
	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)		
0 - 10	1475	4210	1488	4153	1501	4101	1273	3944	1246	3860	1446	4110	1411	3962	1571	4309	1675	4380
10 - 20	1077	2735	1077	2665	1115	2600	915	2671	731	2614	1065	2664	1042	2551	1083	2738	1105	2705
20 - 30	754	1658	704	1588	629	1485	913	1756	909	1883	715	1599	658	1509	769	1655	730	1600
30 - 40	298	904	298	884	281	856	431	843	580	974	304	884	301	851	293	886	300	870
40 - 50	273	606	261	586	264	575	199	412	217	394	259	580	243	550	250	593	236	570
50 - 60	176	333	172	325	171	311	106	213	81	177	169	321	158	307	167	343	157	334
60 - 70	107	157	103	153	90	140	70	107	62	96	98	152	95	149	110	176	111	177
70 - 80	39	50	40	50	41	50	28	37	24	34	44	54	44	54	55	66	55	66
80 - 90	7	11	6	10	6	9	6	9	7	10	5	10	5	10	6	11	5	11
90 - 100	3	4	3	4	2	3	2	3	2	3	4	5	4	5	4	5	5	6
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totaal	4210		4153		4101		3944		3860		4110		3962		4309		4380	
Totale warmtevraag [GJ]	318		298		278		213		160		304		284		318		311	
primaire energie [GJ]	372		349		325		249		187		356		332		372		363	
primaire en. [MJ/m ² jaar]	595		557		519		397		299		568		530		593		580	
Aardgas [m ³ /m ² jaar]	16,6		15,6		14,5		11,1		8,4		15,9		14,8		16,6		16,2	
Piek [kW]	106		102		98		76		56		104		102		106		105	
Piek prim. En. [kW]	124		120		115		89		65		122		119		124		123	
Piek vermogen [W/m ²]	169		163		157		121		89		166		163		169		168	
Equivalentie uren vollast	836		810		786		780		796		811		775		833		821	

Tabel 61: Overzicht warmtevraag bijeenkomstgebouw

3.5.4.2 Koudevraag

In de tabel op de volgende bladzijde zijn de gegevens uit de hierboven weergegeven belastingduurkrommes nog eens overzichtelijk naast elkaar weergegeven.

Hieronder worden de diverse belastingduurkrommes nader toegelicht.

Referentiesituatie

De kromme heeft aanvankelijk een steil verloop. Dit houdt in dat er gedurende een korte tijd het maximum vermogen wordt afgenomen. Vanaf ca. 50 uur heeft de kromme een tamelijk lineair verloop.

Invloed van buitenzonwering en zomernachtventilatie

Uit de belastingduurkrommes blijkt dat door het toepassen van buitenzonwering en zomernachtventilatie het aantal uur koudevraag verminderd kan worden. Ten gevolge van buitenzonwering wordt de warmte instraling door de zon gereduceerd. Hierdoor neemt het aantal uur koudevraag af.

Door het toepassen van zomernachtventilatie wordt eveneens het aantal uren koudevraag gereduceerd. Ten gevolge van zomernachtventilatie wordt de gebouwmassa 's nachts afgekoeld, waardoor deze massa overdag weer warmte kan opnemen. Dit drukt het aantal uur koudevraag.

In dit gebouw blijkt dat het effect van zomernachtventilatie groter is dan die van het aanbrengen van buitenzonwering. Dit is **geen** algemeen geldende regel. Factoren als ventilatievoud (zowel overdag als 's nachts), glasoppervlakte en de verdeling van het glas over de verschillende gevels hebben allemaal invloed op het aantal uren koudevraag.

Invloed van isolatie

Door extra isolatie neemt het aantal uur koudevraag toe. Dit wordt veroorzaakt doordat de warmte binnen het gebouw door de extra isolatie langer wordt "vastgehouden". Het effect van extra isolatie op de koudevraag is echter relatief gering. Dit wordt veroorzaakt doordat het bijeenkomstgebouw een relatief hoog ventilatievoud heeft. Hierdoor kan veel warmte met de ventilatielucht worden afgevoerd, waardoor extra isolatie een kleinere invloed heeft op de koudevraag.

Invloed van minder efficiënte verlichting

Door het toepassen van minder efficiënte verlichting zal de interne warmtelast toenemen. Hierdoor neemt het aantal uur koudevraag toe. Ook bij het bijeenkomstgebouw is het effect van minder efficiënte verlichting op de koudevraag minder merkbaar dan bij andere gebouwen. Ook dit wordt veroorzaakt door het relatief hoge ventilatievoud.

Invloed van gebouwmassa

Door het lichter worden van de constructie is het zogenaamde accumulerende vermogen van de wanden minder. Hierdoor kunnen de wanden minder koude opnemen, waardoor er ook minder koude door de wanden kunnen worden uitgestraald naar de diverse ruimtes. Dit heeft tot gevolg dat het aantal uren koudevraag toeneemt bij afnemende gebouwmassa.

Percentage van max. koudevraag	Referentie Rc=2,8, geen WTW 8 W/m2, zware const.		Buitenzonwering		Zomernachtventilatie		Isolatie		Verlichting		Gebouwmassa					
	Rc=4,5		Rc=4,5		Rc=3,5		Rc=4,5		12 W/m2		18 W/m2		Middel		Licht	
	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)
0 - 10	166	445	147	380	61	246	185	488	203	519	173	498	195	532	204	577
10 - 20	106	279	110	233	77	185	125	303	138	316	150	323	140	337	156	373
20 - 30	69	173	59	123	42	108	68	178	66	178	89	191	73	197	78	217
30 - 40	56	104	37	64	35	66	61	110	65	112	76	124	68	124	77	139
40 - 50	27	48	13	27	16	31	28	49	26	47	32	55	35	66	37	62
50 - 60	10	21	7	14	5	15	9	21	9	21	10	23	16	31	10	25
60 - 70	4	11	3	7	4	10	3	12	3	12	4	13	5	15	2	12
70 - 80	0	7	1	4	2	6	3	9	3	9	4	9	5	10	3	12
80 - 90	4	7	1	3	3	4	3	6	3	6	2	5	4	7	3	7
90 - 100	2	3	1	2	0	1	2	3	2	3	2	3	2	3	3	4
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totaal	445		380		246		488		519		498		554		577	
Totale koudevraag [GJ]	10,3		7,7		5,9		11,1		11,4		12,2		15,5		14,5	
primaire energie [GJ]	5,4		4,1		3,1		5,9		6,1		6,5		8,2		6,6	
primaire en. [MJ/m2, jaar]	8,7		6,5		5,0		9,4		9,7		10,3		13,1		10,6	
Aardgas [m3/m2, jaar]	0,24		0,18		0,14		0,26		0,27		0,29		0,37		0,30	
Piek [kW]	33,1		32,7		30,0		33,6		33,7		34,9		37,4		34,6	
Piek prim. En. [kW]	17,5		17,3		15,9		17,8		17,8		18,4		19,8		18,3	
Piek vermogen [W/m2]	52,9		52,1		48,0		53,7		53,9		55,7		59,7		55,3	
Equivalente uren vollast	86		65		54		91		94		97		116		100	

Tabel 62: Overzicht koudevraag bijeenkomstgebouw

3.6 Sportgebouw

3.6.1 Algemene omschrijving gebouw

Het sportgebouw dat in dit rapport wordt behandeld bestaat uit een sporthal ter grootte van een zaalvoetbalveld, met kleedkamers, een kantine en een opbergruimte. De totale oppervlakte van het sportgebouw is 2224 m², bij een totale inhoud van ca. 16.573 m³. De totale oppervlakte van het gebouw (2224 m²) wordt verwarmd, terwijl een oppervlakte van 265 m² (alleen de kantine) wordt gekoeld.

Het sportgebouw is onlangs gebouwd en voldoet aan de EP voor utiliteitsgebouwen. Het gebouw heeft volgens de EP 4 gebouwfuncties, te weten:

- Kantoorgebouw;
- Horecagebouw;
- Sportgebouw zonder sport;
- Sportgebouw met sport.

In de onderstaande tabel is weergegeven wat de EP-coëfficiënt voor de betreffende gebouwfunctie is. Eveneens is de destijds geldende eis voor de gebouwfunctie weergegeven.

Gebouwfunctie	EP-coëfficiënt	EP-eis
Kantoorgebouw	1,32	1,60
Horecagebouw	1,57	1,90
Sportgebouw zonder sport	1,82	2,20
Sportgebouw met sport	1,82	2,20

Tabel 63: EP-coëfficiënten sportgebouw

Dit resulteert in een Q pres. totaal/Q pres. toelaatbaar van 0,83.

De primaire energiegebruiken in MJ volgens de EP-berekening zijn als volgt:

Qprim. verwarming	713189
Qprim. ventilatoren	71273
Qprim. verlichting	393635
Qprim. pompen	24031
Qprim. koeling	35841
Qprim. warm tapwater	43892

Tabel 64: Energiegebruiken sportgebouw in MJ

De ramen bestaan uit HR glas ($U=1,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$). De gevels, de vloer en het dak hebben een Rc-waarde van 2,9 m² K/W. Ventilatie in het sportgebouw vindt plaats met mechanische toe- en afvoer. Er is geen warmteterugwinningsinstallatie aanwezig. Verwarming vindt plaats door middel van een HR ketel. Koeling vindt alleen in de kantine plaats. De openingstijden van het sportgebouw zijn van 15.00 tot 21.00 uur, gedurende 7 dagen per week en gedurende 52 weken per jaar.

Gebruikte bouwmaterialen

In het simulatieprogramma zijn de gegevens ingevoerd zoals deze zijn weergegeven op de bouwtekeningen van het betreffende sportgebouw. Bij het gebouw worden 2 typen buitenwanden gebruikt. Een type bestaat uit een binnenspouwblad van metselstenen, isolatiemateriaal, een luchtspouw en een buitenspouwblad van metselstenen; het andere type bestaat uit staalplaat, isolatiemateriaal, een luchtspouw en wederom staalplaat.

De vloer bestaat uit een afdeklaag, grindbeton en isolatie. Onder de vloer is een kruipruimte. Het dak is opgebouwd uit staalplaat, een luchtspouw, isolatiemateriaal en dakbedekking.

De binnenmuren zijn opgebouwd uit een lichte wandconstructie. Alle ramen hebben een U-waarde van $1,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, met een zontoetredingsfactor van 70 %. De ramen zijn niet voorzien van zonweringen.

Interne warmtelast

Het schema voor de interne warmtelast is hieronder weergegeven.

Periode	Interne warmte- last sporthal en kleedkamers [W/m^2]	Interne warmte- last kantine [W/m^2]	Interne warmte- last overige ruimtes [W/m^2]
00.00 - 15.00 uur	0	0	0
15.00 - 21.00 uur	15	28	8
21.00 - 00.00 uur	0	0	0

Tabel 65: *Interne warmtelasten sportgebouw*

Dit schema wordt gedurende 7 dagen per week aangehouden.

Infiltratievoud

Ten aanzien van de infiltratie is gerekend met een waarde van $0,26 \text{ dm}^3/\text{s}$. Dit resulteert in een infiltratievoud van 0,09 voor de sporthal en 0,24 voor de kleedkamer, de kantine en de overige ruimtes. Gerekend is dat er altijd een constante infiltratie is.

Ventilatievoud

Bij de simulaties is voor het ventilatievoud een schema aangehouden. Hieronder is het schema voor het ventilatievoud weergegeven.

Periode	Ventilatievoud sporthal [-]	Ventilatievoud kleedkamer, kantine en overige ruimten [-]
00.00 - 15.00 uur	0	0
15.00 - 21.00 uur	0,38	0,59
22.00 - 00.00 uur	0	0

Tabel 66: *Ventilatievouden sportgebouw*

Dit schema is gedurende 7 dagen per week aangehouden.

Gegevens koelinstallatie

De koelinstallatie is zodanig ingezet dat deze inschakelt zodra de temperatuur in een ruimte de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ overschrijdt. Als de temperatuur is gedaald tot $24 \text{ }^\circ\text{C}$ schakelt de koelinstallatie zich weer

uit. Het in TRNSYS ingezette koelvermogen is groot genoeg om op de warmste dag van het jaar een temperatuur tussen 24 en 25 °C te behalen.

De koelinstallatie is alleen in de kantine ingezet en wordt alleen ingeschakeld ten tijde dat de kantine in gebruik is (iedere dag tussen 15.00 uur en 21.00 uur).

Gegevens verwarmingsinstallatie

De verwarmingsinstallatie is zodanig ingezet dat de onderstaande temperaturen gedurende de weergegeven tijden minimaal behaald kunnen worden (In de zomerperiode zullen wellicht overschrijdingen van deze temperaturen optreden, zie gegevens koelinstallatie). Voor alle zones is het schema gelijk.

Periode	Temperatuur zones [°C]
00.00 - 15.00 uur	15
15.00 - 21.00 uur	18
21.00 - 00.00 uur	15

Tabel 67: *Temperatuurniveaus sportgebouw*

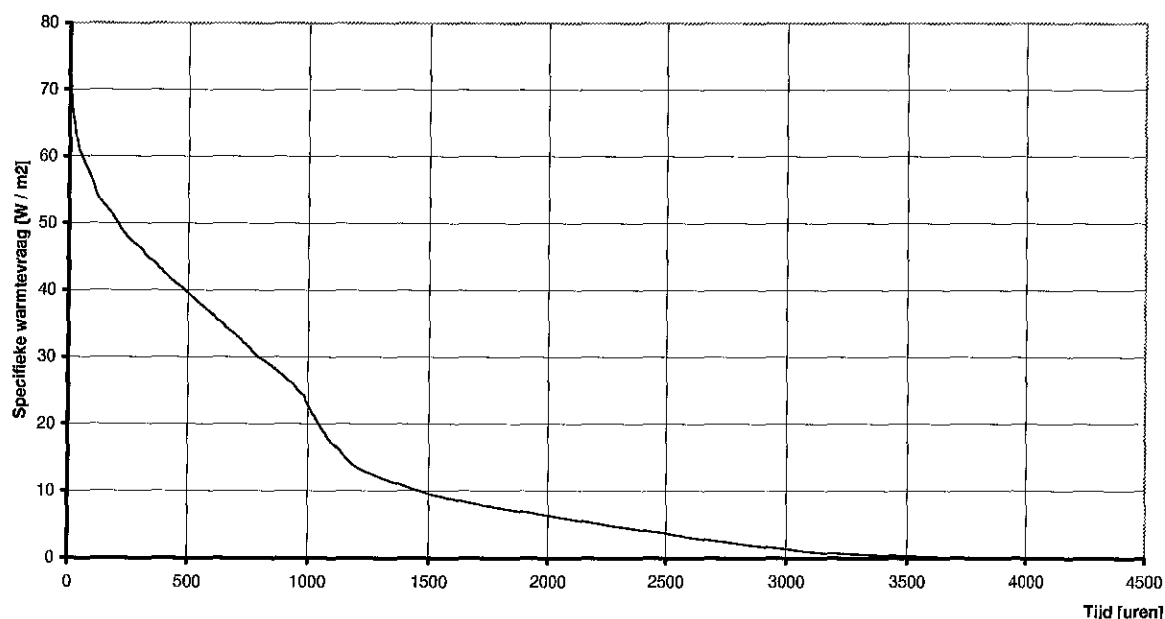
Dit schema wordt gevolgd gedurende 7 dagen per week.

Verwarming tapwater

De energie die nodig is voor de verwarming van het tapwater is **niet** opgenomen in de simulaties. De reden hiervoor ligt in het feit dat er tot op heden geen betrouwbare statistische gegevens over het gebruik van warm tapwater in sportgebouwen beschikbaar zijn.

3.6.1.1 Warmtevraag referentiesituatie

Jaarbelastingduurkromme warmtevraag sportgebouw (2224 m²)
zware constructie, Rc=2,9 m² K/W, verlichting is 8 W/m², geen WTW



Figuur 64: *Belastingduurkromme warmtevraag sportgebouw referentiesituatie*

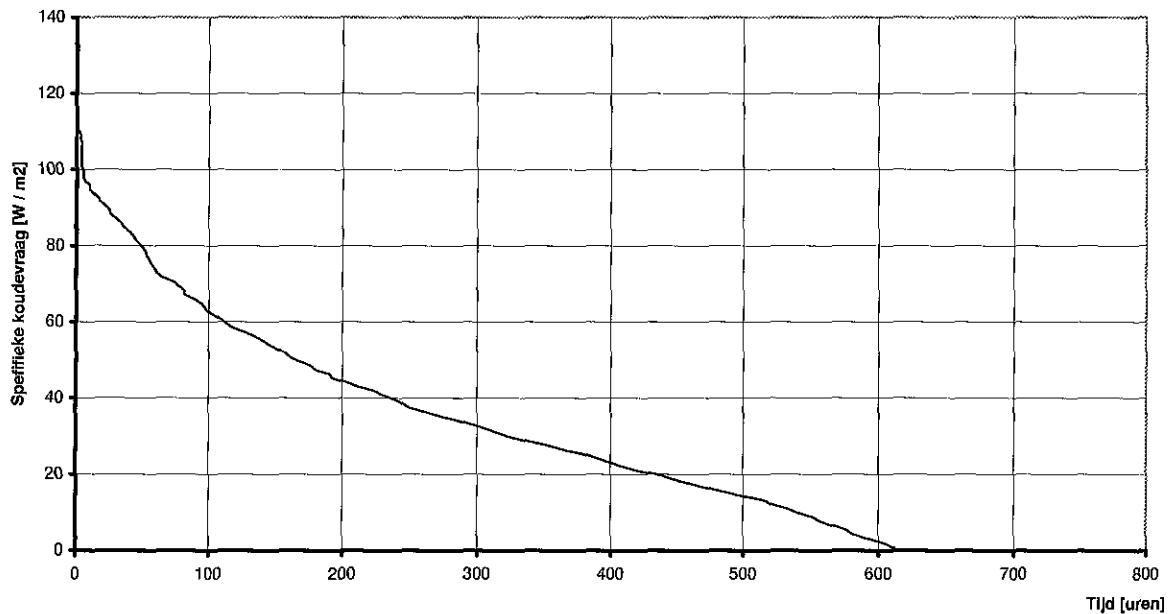
Hieronder zijn de resultaten van de simulatie met enkele aanvullende berekeningen in tabelvorm weergegeven.

Warmtevraag [GJ]	Uur	primaire energie [GJ]	primaire energie [m ³ aardgas/m ² jaar]	Piek [kW]	Piek primaire energie [kW]	Piekvermogen [W/m ²]	Equivalente uren vollast
444	3783	519	6,5	174	203	78	710

Tabel 68: Warmtevraag sportgebouw referentiesituatie

3.6.1.2 Koudevraag referentiesituatie

Jaarbelastingduurkromme koelvraag sportgebouw (265 m²) zware constructie, Rc=2,9 m² K/W, verlichting is 8 W/m², geen WTW



Figuur 65: Belastingduurkromme koudevraag sportgebouw referentiesituatie

Hieronder zijn de resultaten van de simulatie met enkele aanvullende berekeningen in tabelvorm weergegeven.

Koudevraag [GJ]	Uur	primaire energie [GJ]	primaire energie [m ³ aardgas/m ² jaar]	Piek [kW]	Piek primaire energie [kW]	Piekvermogen [W/m ²]	Equivalente uren vollast
21,6	613	11,4	1,21	29,3	15,5	110	205

Tabel 69: Koudevraag sportgebouw referentiesituatie

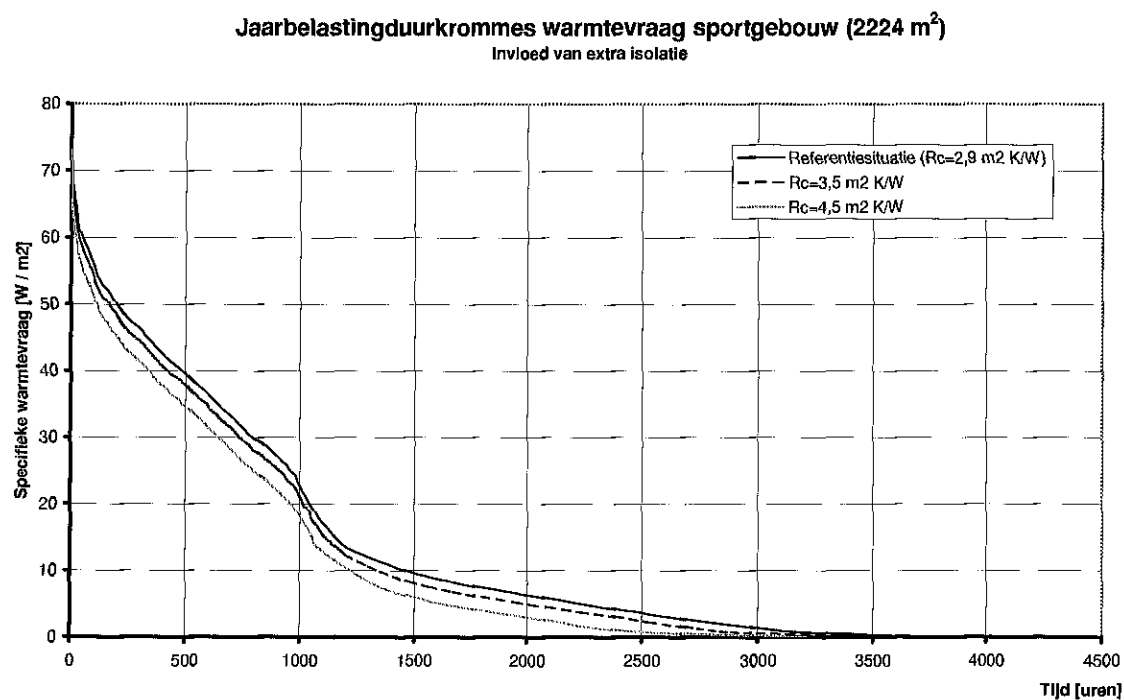
3.6.2 Veranderingen in de warmtevraag

De warmtevraag is afhankelijk van vele factoren. Een aantal van deze factoren is bestudeerd. Deze bestudeerde factoren zijn:

- Extra isolatie (Rc=3,5 en 4,5 m² K/W);
- Warmteterugwinning uit ventilatielucht (rendement 60 en 90 %);
- Minder efficiënte verlichting (12 en 18 W/m²);
- Kleinere gebouwmassa (lichte soorten beton en bakstenen).

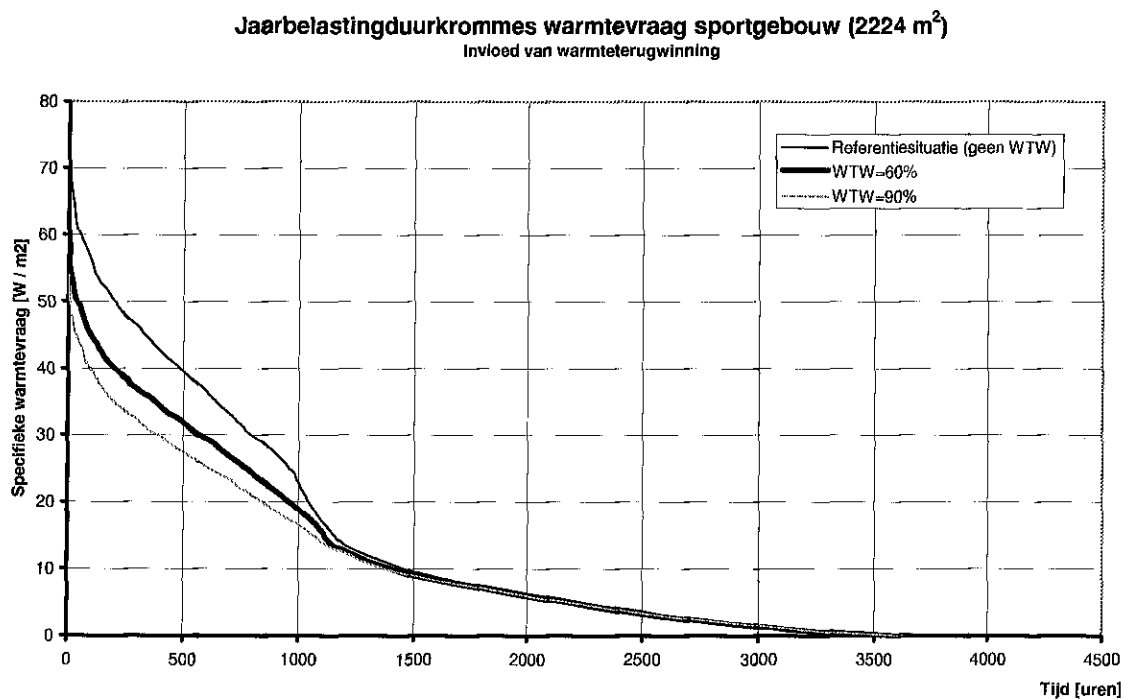
In de onderstaande 4 grafieken zijn de effecten van de hierboven genoemde maatregelen in de vorm van belastingduurkrommes weergegeven.

3.6.2.1 Invloed extra isolatie



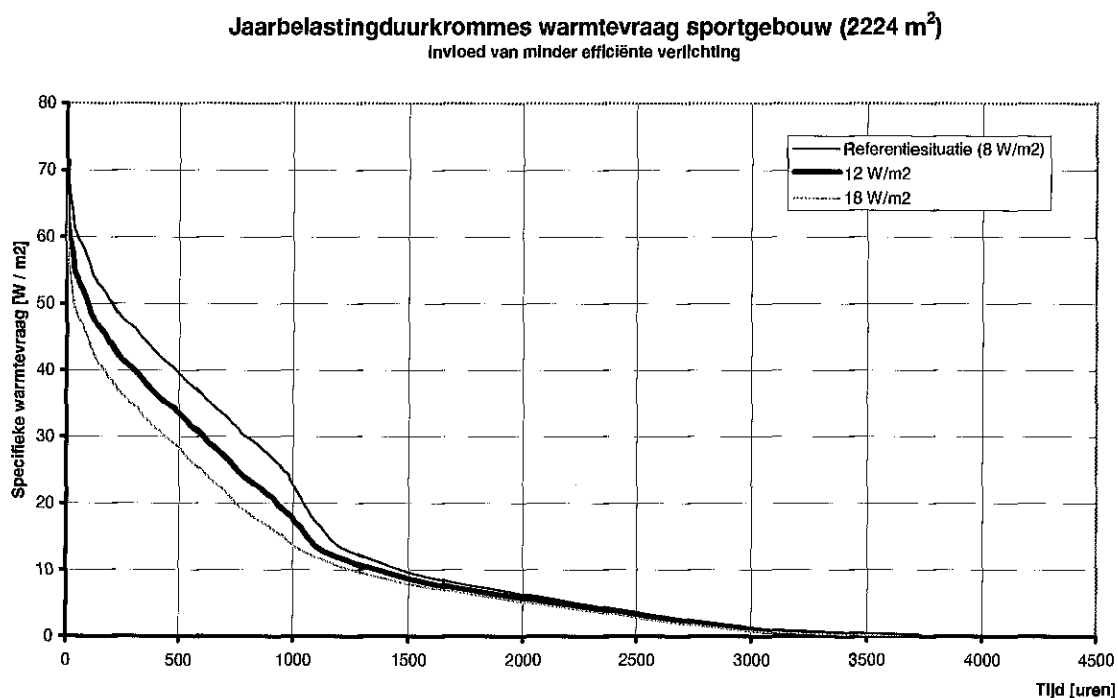
Figuur 66: *Belastingduurkromme warmtevraag sportgebouw: invloed isolatie*

3.6.2.2 Invloed warmteterugwinning



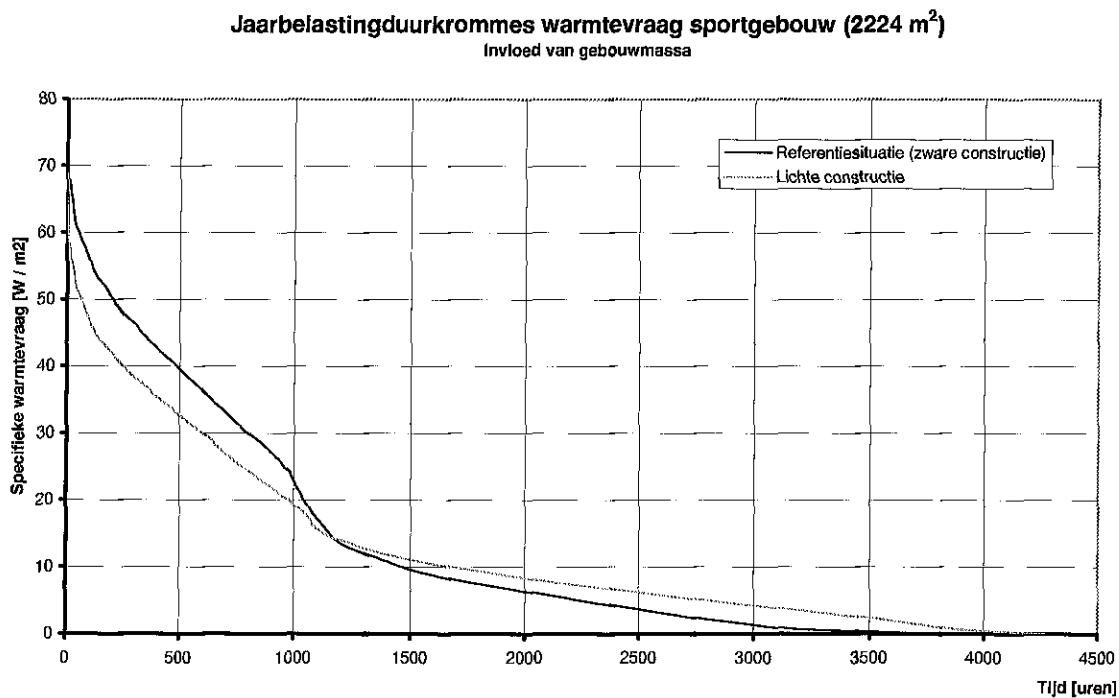
Figuur 67: *Belastingduurkromme warmtevraag sportgebouw: invloed warmteterugwinning*

3.6.2.3 Invloed minder efficiënte verlichting



Figuur 68: *Belastingduurkromme warmtevraag sportgebouw: invloed verlichting*

3.6.2.4 Invloed gebouwmassa



Figuur 69: *Belastingduurkromme warmtevraag sportgebouw: invloed gebouwmassa*

3.6.3 Veranderingen in de koudevraag

De koudevraag is afhankelijk van vele factoren. Een aantal van deze factoren is bestudeerd. De bestudeerde factoren zijn:

- Zomernachtventilatie;
- Buitenzonwering;
- Extra isolatie ($R_c=3,5$ en $4,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$);
- Minder efficiënte verlichting (12 en 18 W/m^2);
- Kleinere gebouwmassa (lichte soorten beton en bakstenen).

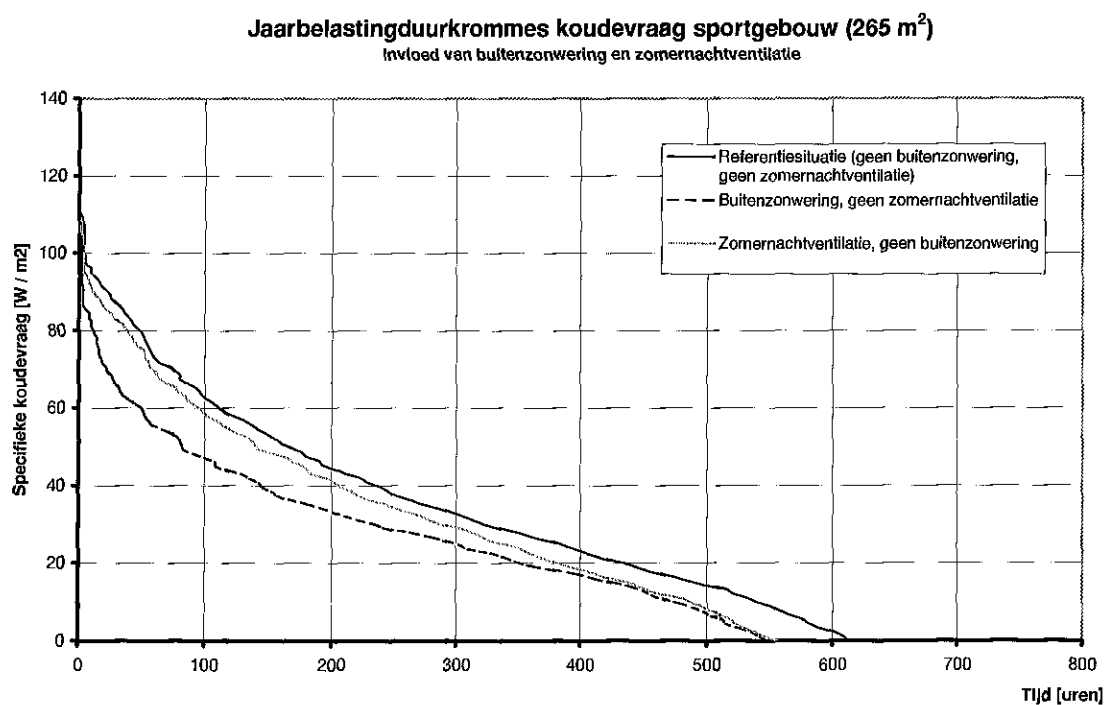
3.6.3.1 Invloed zomernachtventilatie en buitenzonwering

Ten aanzien van zomernachtventilatie is gerekend met de onderstaande ventilatievouden:

Buitemtemperatuur	Ventilatievoud
Lager dan $12 \text{ }^\circ\text{C}$	0
Tussen 12 en $15 \text{ }^\circ\text{C}$	0,6
Tussen 15 en $18 \text{ }^\circ\text{C}$	1,2
Hoger dan $18 \text{ }^\circ\text{C}$	0

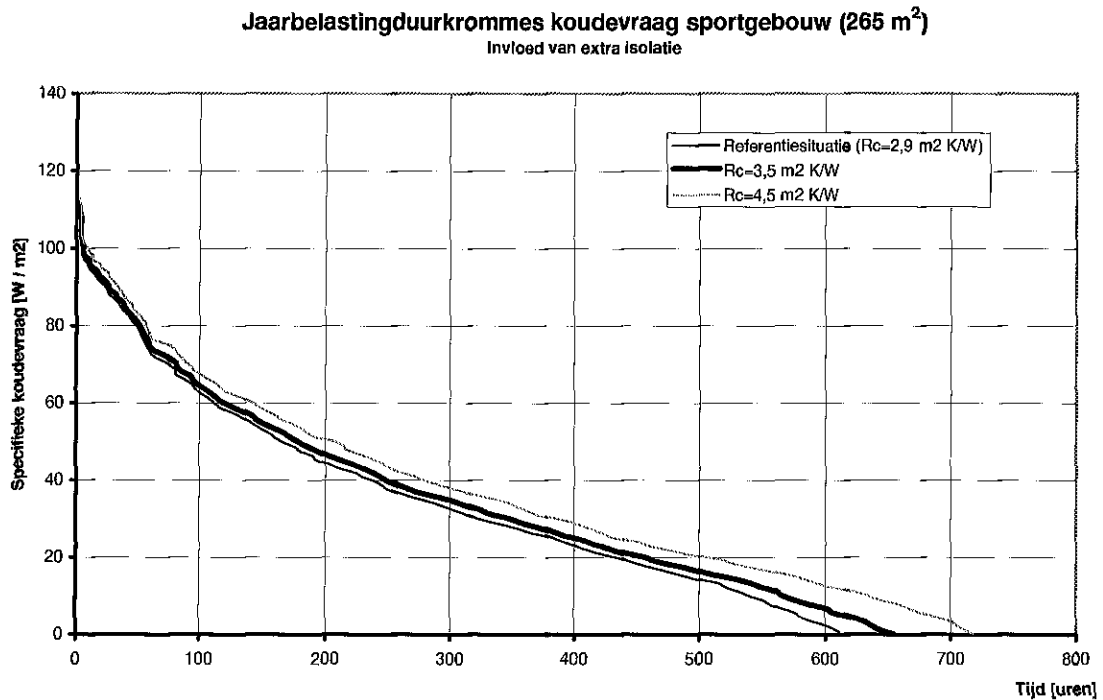
Tabel 70: Ventilatievouden zomernachtventilatie sportgebouw

Ten aanzien van buitenzonweringen is verondersteld dat deze naar beneden worden gedaan zodra de directe zonnestraling een waarde van 400 W/m^2 op het betreffende venster heeft bereikt.



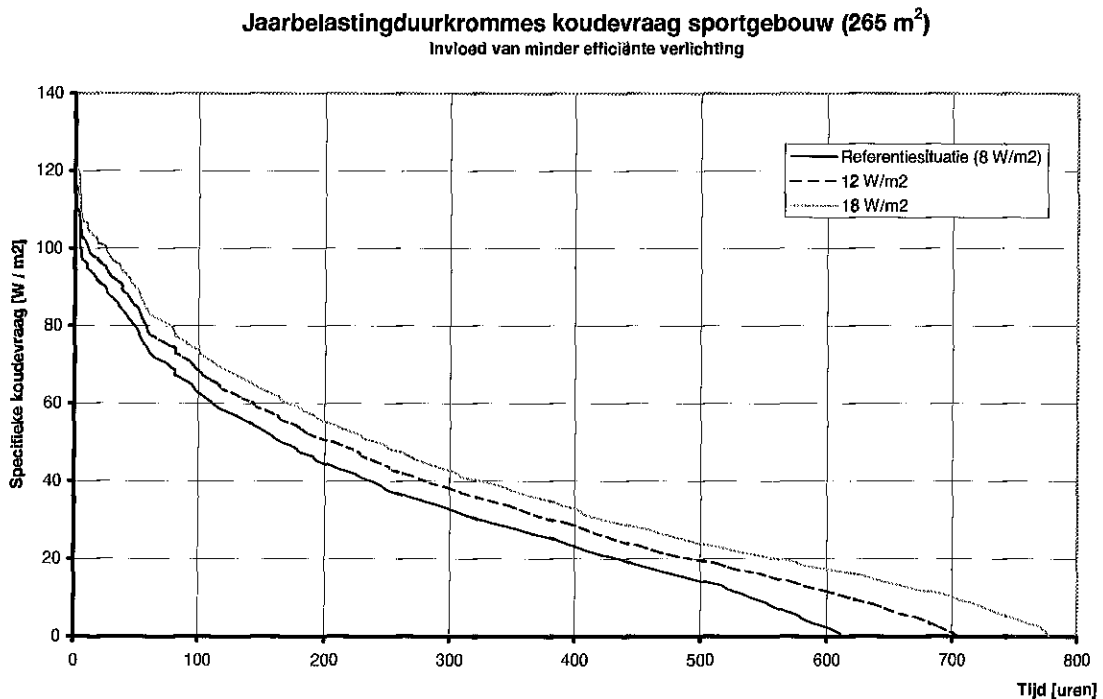
Figuur 70: Belastingduurkromme koudevraag sportgebouw: invloed zomernachtventilatie en buitenzonwering

3.6.3.2 Invloed extra isolatie



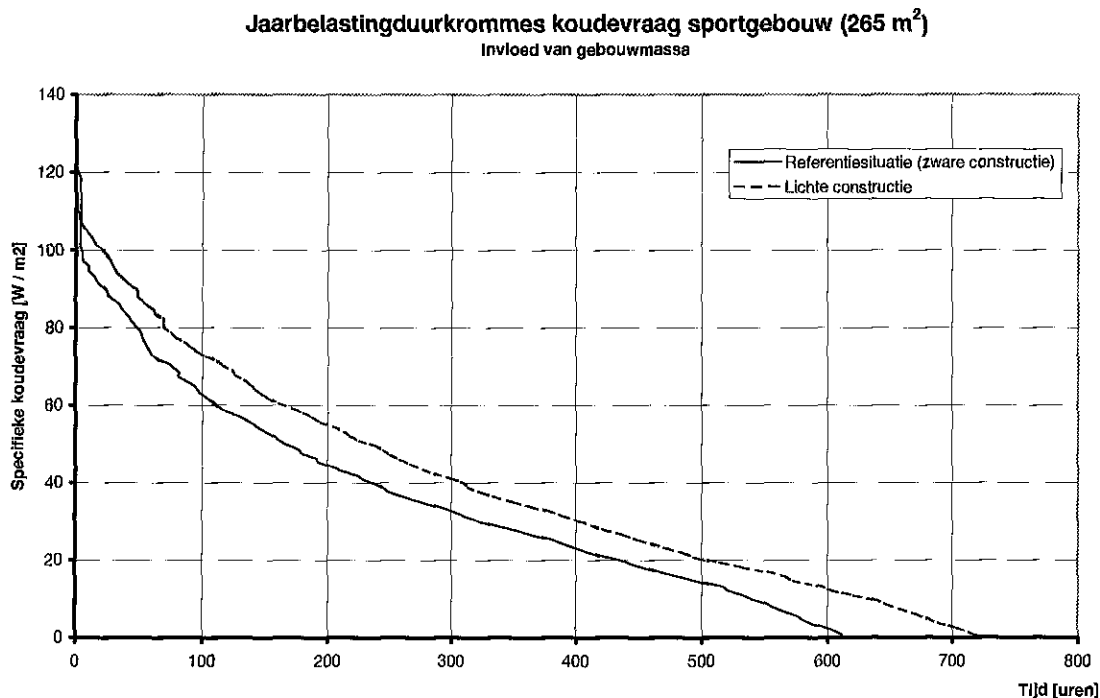
Figuur 71: Belastingduurkromme koudevraag sportgebouw: invloed isolatie

3.6.3.3 Invloed minder efficiënte verlichting



Figuur 72: Belastingduurkromme koudevraag sportgebouw: invloed verlichting

3.6.3.4 Invloed gebouwmassa



Figuur 73: Belastingduurkromme koudevraag sportgebouw: invloed gebouwmassa

3.6.4 Samenvatting sportgebouw

3.6.4.1 Warmtevraag

In de tabel op de volgende bladzijde zijn de gegevens uit de hierboven weergegeven belastingduurkrommes nog eens overzichtelijk naast elkaar weergegeven.

Hieronder worden de diverse belastingduurkrommes nader toegelicht.

Referentiesituatie

Bij deze belastingduurkromme valt direct op dat er vanaf ca. 1200 uur een knik in de grafiek zit. Dit wordt veroorzaakt door het verschil in warmtevraag ten tijde dat het sportgebouw in en buiten gebruik is. Uit de belastingduurkrommes van het sportgebouw tijdens bedrijfstijd en buiten bedrijf (zie datasheets in de bijlagen) blijkt dat er tijdens bedrijfstijd een warmtevraag is van ca. 1200 uur.

Tot ca. 1200 uur wordt de kromme voornamelijk bepaald door de warmtevraag ten tijde dat het gebouw in gebruik is en vanaf 1200 uur wordt de kromme voornamelijk bepaald door de warmtevraag ten tijde dat het gebouw buiten gebruik is. Omdat de warmtevraag ten tijde dat het gebouw buiten gebruik is aanzienlijk lager is dan wanneer het gebouw in gebruik is, is er een "knik" in de kromme te zien.

Invloed van extra isolatie

Zoals kan worden verwacht is het resultaat van extra isoleren dat het aantal uur en de specifieke warmtevraag en afnemen. Dit is aan de krommes te zien.

Invloed van warmteterugwinning

Bij de krommes valt op dat er verschillen optreden tot ca. 1200 uur. Daarna zijn de krommes min of meer identiek. Dit verschil kan worden verklaard doordat de krommes tot 1200 uur worden bepaald door de warmtevraag ten tijde dat het gebouw in bedrijf is. Tijdens deze periode is er ventilatie en is er dus sprake van warmteterugwinning. Omdat door warmteterugwinning energie wordt bespaard, liggen de krommes voor warmteterugwinning onder die van de referentiesituatie.

Vanaf ca. 1200 uur wordt de kromme voornamelijk bepaald door de warmtevraag ten tijde dat het gebouw buiten gebruik is. In deze periode (21.00 tot 15.00 uur) is de ventilatie uitgeschakeld en is er dus geen sprake van warmteterugwinning. Om deze reden zijn de krommes identiek.

Invloed van minder efficiënte verlichting

Ten gevolge van minder efficiënte verlichting is te zien dat de krommes tot ca. 1200 uur bij toenemend vermogen voor verlichting lager liggen dan in de referentiesituatie. Dit is te verklaren door het feit dat de verlichting alleen is ingeschakeld ten tijde dat het gebouw in gebruik is. Gedurende deze periode draagt de verlichting zijn steentje bij aan de verwarming. Bij toenemend vermogen voor verlichting ligt de kromme dus lager dan in de referentiesituatie.

Vanaf ca. 1200 uur wordt de kromme bepaald door de warmtevraag ten tijde dat het gebouw buiten bedrijf is. Gedurende deze periode is de verlichting uitgeschakeld, hetgeen een min of meer identieke kromme oplevert.

Invloed van kleinere gebouwmassa

Tot ca. 1200 uur ligt de kromme voor een zware constructie hoger dan die van een lichte constructie. Dit gedeelte van de kromme wordt bepaald door de warmtevraag ten tijde dat het sportgebouw in bedrijf is. Met het verwarmen van de lucht in het gebouw wordt ook de gebouwmassa verwarmd. Bij grotere gebouwmassa's is meer energie nodig, waardoor de kromme boven die van een lichte constructie ligt.

Ten tijde dat het gebouw buiten bedrijf is, zal voor de verwarming van de ruimtes gedeeltelijk gebruik gemaakt kunnen worden van de "opgeslagen" warmte in de constructie. Omdat gebouwen met een zware constructie meer warmte kunnen accumuleren, zal er minder (externe) warmte nodig zijn. Hierdoor loopt de kromme van zware constructies onder die van lichte constructies.

Percentage van max. warmtevraag	Referentie Rc=2,9, geen WTW 8 W/m ² , zware constr.		Isolatie Rc=3,5		Rc=4,5		WTW 60%		90%		12 W/m ²		Verlichting 18 W/m ²		Gebouwmassa Licht	
	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)	Uren	Uren (cum)
0 - 10	2046	3783	2028	3587	1861	3225	1653	3606	1525	3627	1995	3729	1942	3657	1937	4272
10 - 20	599	1737	456	1559	307	1364	730	1953	796	2102	655	1734	695	1715	1107	2335
20 - 30	149	1138	135	1103	154	1057	210	1223	292	1306	198	1079	267	1020	277	1228
30 - 40	230	989	241	968	233	903	226	1013	239	1014	234	881	201	753	270	951
40 - 50	245	759	232	727	237	670	250	787	253	775	230	647	212	552	246	681
50 - 60	232	514	237	495	203	433	242	537	225	522	200	417	163	340	220	435
60 - 70	169	282	149	258	126	230	162	295	164	297	121	217	101	177	129	215
70 - 80	82	113	79	109	75	104	83	133	75	133	69	96	54	76	63	86
80 - 90	26	31	25	30	25	29	46	50	51	58	22	27	18	22	19	23
90 - 100	4	5	4	5	3	4	3	4	6	7	4	5	3	4	3	4
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totaal	3783		3587		3225		3606		3627		3729		3657		4272	
Totale warmtevraag [GJ]		444		407		352		372		336		379		326		432
primaire energie [GJ]		519		476		412		435		394		443		381		506
primaire en. [MJ/m ² jaar]		233		214		185		195		177		199		171		227
Aardgas [m ³ /m ² jaar]		6,5		6,0		5,2		5,5		5,0		5,6		4,8		6,4
Piek [kW]		174		169		163		137		120		159		147		153
Piek prim. En. [kW]		203		198		190		160		140		186		172		179
Piek vermogen [W/m ²]		78		76		73		62		54		72		66		69
Equivalentie uren vollast		710		668		601		753		778		660		615		785

Tabel 71: Overzicht warmtevraag sportgebouw

3.6.4.2 Koudevraag

In de tabel op de volgende bladzijde zijn de gegevens uit de hierboven weergegeven belastingduurkrommes nog eens overzichtelijk naast elkaar weergegeven.

Hieronder worden de diverse krommes nader toegelicht.

Referentiesituatie

In de kromme komen weinig steile gedeelten voor. Dit wordt veroorzaakt door de openingstijden van het gebouw. Het gebouw is namelijk geopend op die momenten dat het grootste koelvermogen verwacht kan worden. Buiten deze openingstijden is de koeling uitgeschakeld. Om deze reden is het verschil tussen het maximum en het minimum koelvermogen niet zo groot. Hierdoor krijgt de kromme een redelijk vlak verloop.

Invloed van zomernachtventilatie en buitenzonwering

Ten gevolge van de aanwezigheid van zonneschermen kan de totale koelvraag worden beperkt doordat de hoeveelheid (externe) zonnewarmte kan worden gereduceerd.

Met nachtventilatie wordt de gebouwmassa 's nachts gekoeld, waardoor deze massa overdag een gedeelte van de koelfunctie overneemt. Dit resulteert in een lager aantal uren koelvraag.

Invloed van extra isolatie

Door extra isolatie neemt het aantal uur koudevraag toe. Dit wordt veroorzaakt doordat de warmte binnen het gebouw door de extra isolatie langer wordt "vastgehouden". Hierdoor wordt tevens het benodigde koelvermogen vergroot.

Invloed van minder efficiënte verlichting

Door het toepassen van minder efficiënte verlichting zal de interne warmtelast toenemen. Hierdoor neemt het aantal uur koudevraag en het benodigde koelvermogen toe.

Invloed van kleinere gebouwmassa

Door het lichter worden van de constructie is het zogenaamde accumulerende vermogen van de wanden minder. Hierdoor kunnen de wanden minder koude opnemen, waardoor er ook minder koude door de wanden kunnen worden uitgestraald naar de diverse ruimtes. Dit heeft tot gevolg dat het aantal uren koudevraag toeneemt bij afnemende gebouwmassa.

Percentage van max. koudevraag	Referentie Rc=2,9, geen WTW 8 W/m2, zware const.		Buitenzonwering		Zomernachtventilatie		Isolatie Rc=3,5		Rc=4,5		Verlichting 12 W/m2		18 W/m2		Gebouwmassa Licht	
	Uren	(cum)	Uren	(cum)	Uren	(cum)	Uren	(cum)	Uren	(cum)	Uren	(cum)	Uren	(cum)	Uren	(cum)
0 - 10	81	613	82	548	74	556	94	655	99	718	106	705	108	778	121	724
10 - 20	123	532	127	466	113	482	133	561	157	619	146	599	174	670	143	603
20 - 30	113	409	129	339	97	369	115	428	115	462	121	453	134	496	125	460
30 - 40	93	296	80	210	87	272	96	313	110	347	103	332	111	362	90	335
40 - 50	63	203	56	130	60	185	72	217	77	237	74	229	84	251	84	245
50 - 60	53	140	41	74	47	125	52	145	64	160	59	155	65	167	58	161
60 - 70	34	87	17	33	26	78	38	93	39	96	40	96	44	102	42	103
70 - 80	27	53	11	16	31	52	28	55	26	57	27	56	26	58	33	61
80 - 90	21	26	3	5	17	21	22	27	26	31	24	29	27	32	24	28
90 - 100	4	5	1	2	3	4	4	5	4	5	4	5	4	5	3	4
100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Totaal	613		548		556		655		718		705		778		724	
Totale koudevraag [GJ]	21,6		15,8		19,0		23,0		25,7		25,5		29,3		27,3	
primaire energie [GJ]	11,4		8,3		10,0		12,2		13,6		13,5		15,5		14,4	
primaire en. [MJ/m2 jaar]	43		31		38		46		51		51		59		54	
Aardgas [m3/m2 jaar]	1,21		0,88		1,06		1,28		1,44		1,42		1,64		1,52	
Piek [kW]	29,3		28,4		28,4		29,6		30,2		30,7		32,0		32,1	
Piek prim. En. [kW]	15,5		15,0		15,0		15,7		16,0		16,2		16,9		17,0	
Piek vermogen [W/m2]	110		107		107		112		114		116		121		121	
Equivalente uren vollast	205		154		186		216		237		231		254		236	

Tabel 72: Overzicht koudevraag sportgebouw

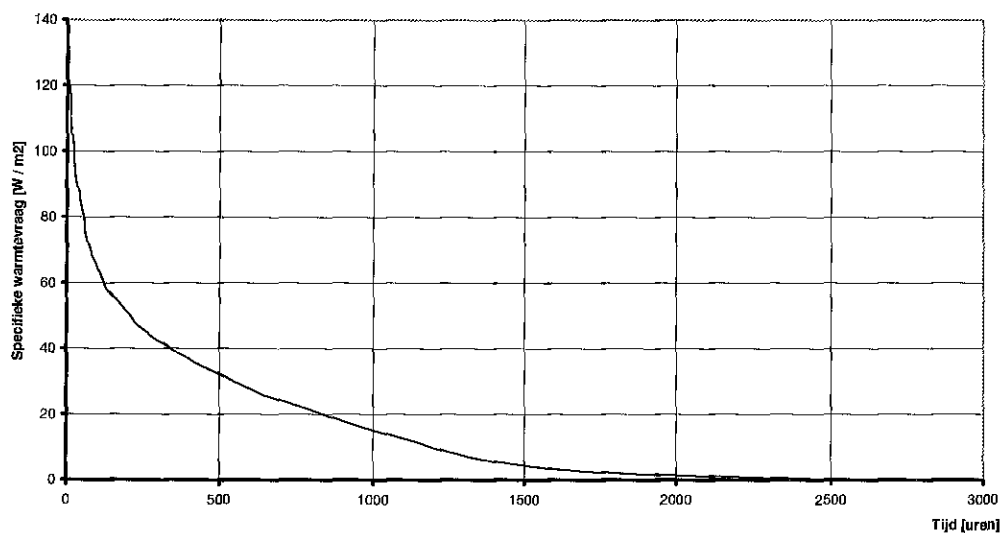
4 BIJLAGEN

In de bijlagen zijn van ieder gebouw zogenaamde datasheets weergegeven. Op deze sheets staan de warmte- en koudevraag patronen van de referentiesituatie weergegeven. Eveneens is een tabel weergegeven met de belangrijkste resultaten van de simulaties en de temperatuur overschrijdingsuren (temperatuur overschrijdingsuren niet bij het zwembad).

Daarnaast zijn van ieder gebouw de maandbelastingduurkrommes voor zowel de warmte- als de koudevraag weergegeven (maandbelastingduurkrommes koudevraag niet bij zwembad). Tevens zijn de belastingduurkrommes van de warmtevraag ten tijde dat het gebouw in en uit bedrijf is weergegeven (niet bij bijeenkomstgebouw).

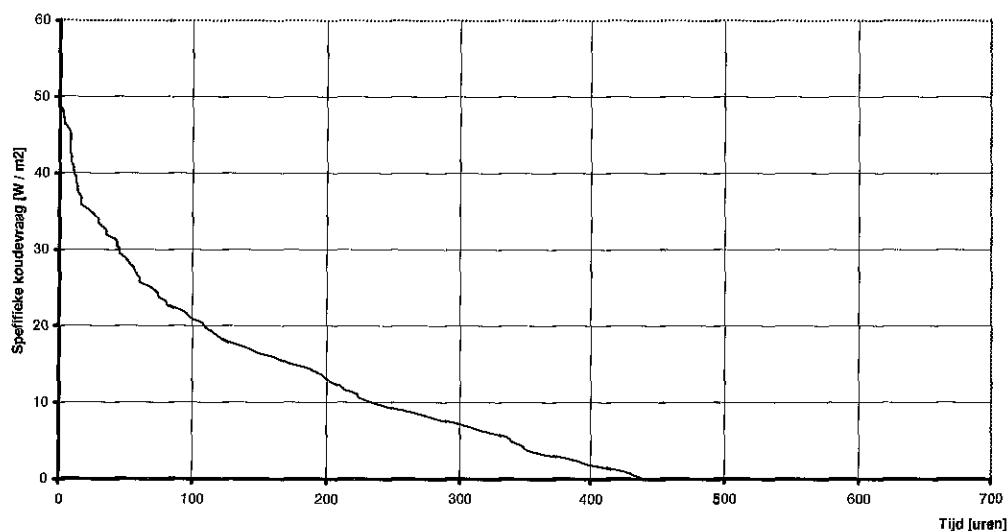
4.1 DATASHEET: Kantoorgebouw

Jaarbelastingduurkromme warmtevraag kantoorgebouw (2048 m²)
 zware constructie, Rc=3,2 m² K/W, verlichting is 8 W/m², WTW=60%



Figuur 74: Belastingduurkromme warmtevraag kantoorgebouw referentiesituatie

Jaarbelastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw (1777 m²)
 ruimtemtemperatuur 24 - 25 °C, zware constructie, Rc=3,2 m² K/W, verlichting is 8 W/m², WTW=60%

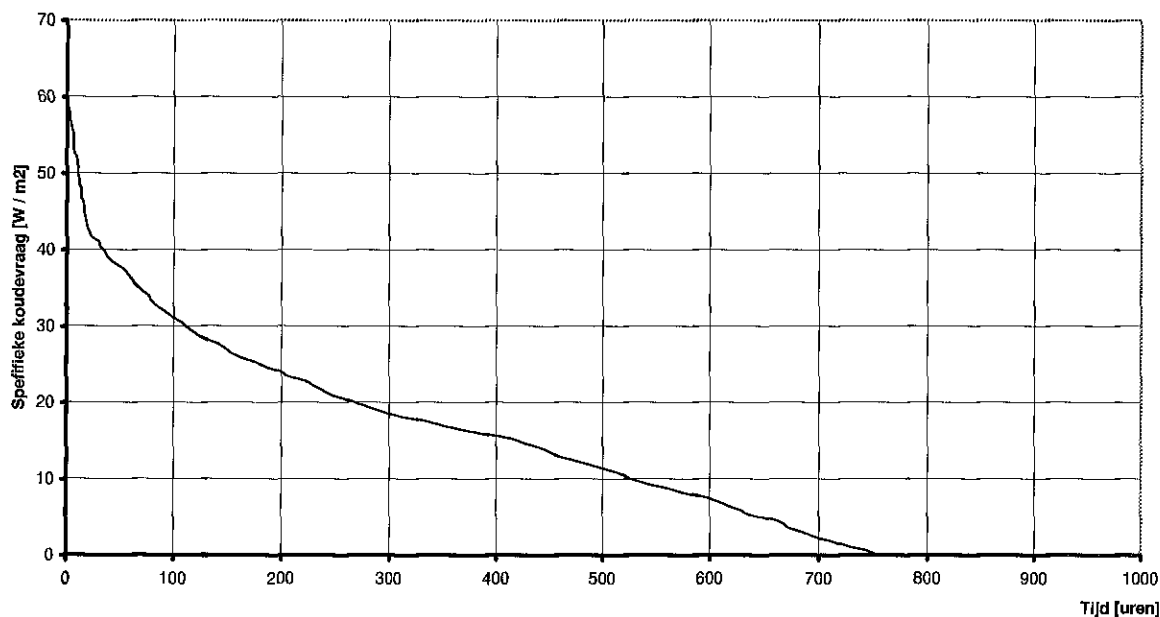


Figuur 75: Belastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw referentiesituatie

	Warmtevraag	Koudevraag
Vraag [GJ/jaar]	324	39,1
Aantal uren vraag per jaar [-]	2618	441
Primaire energie [GJ/jaar]	379	20,7
Primaire energie [MJ/jaar m ²]	207	11,3
Piekvraag [kW]	280	86,2
Aantal uur equiv. vollast [-]	321	126

Tabel 72: Overzicht warmte- en koudevraag kantoorgebouw referentiesituatie

Jaarbelastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw (1777 m²)
 ruimtetemperatuur 22 - 23 °C, zware constructie, Rc=3,2 m² K/W, verlichting is 8 W/m², WTW=60%



Figuur 76: Belastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw referentiesituatie

	Koudevraag
Vraag [GJ/jaar]	84,8
Aantal uren vraag per jaar [-]	754
Primaire energie [GJ/jaar]	44,9
Primaire energie [MJ/jaar m ²]	24,5
Piekvraag [kW]	104,1
Aantal uur equiv. vollast [-]	226

Tabel 73: Overzicht koudevraag kantoorgebouw referentiesituatie

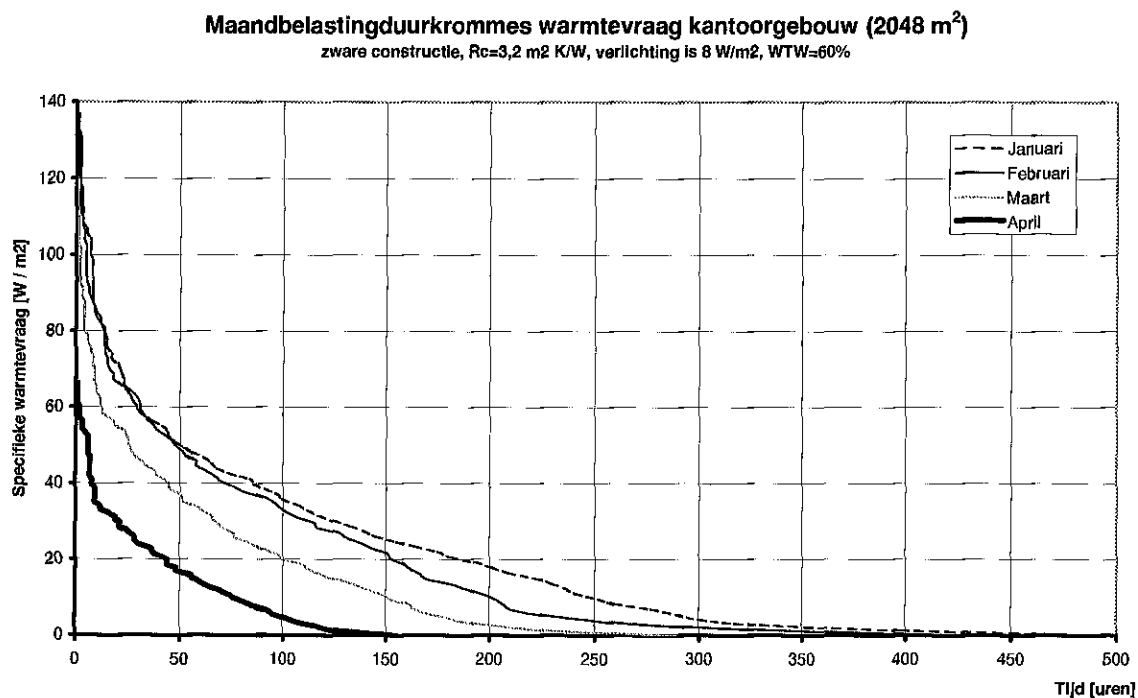
4.1.1 Temperatuur overschrijdingsuren

In de onderstaande tabel zijn de temperatuur overschrijdingsuren (tijdens werktijd en bij uitgeschakelde koelinstallatie) van 25 en 28 °C weergegeven voor kantoren op de bovenste verdieping van het gebouw. Er is voor deze verdieping gekozen omdat de bovenste verdieping het hoogste aantal overschrijdingsuren geeft.

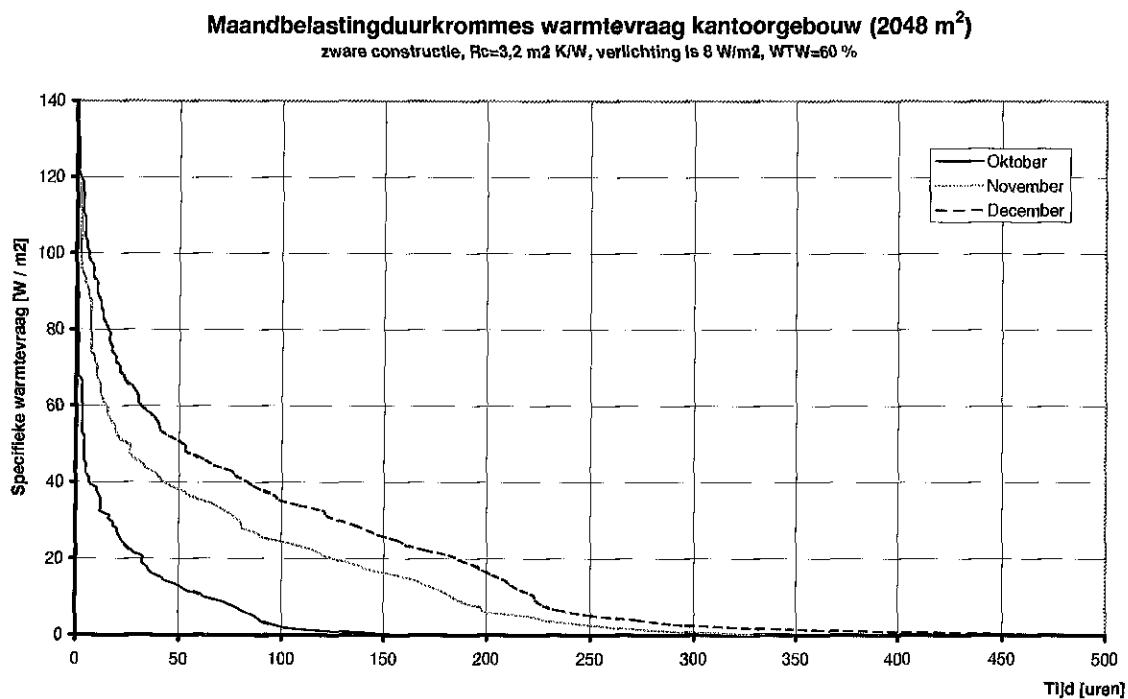
Configuratie	Referentie	Isolatie	Warmterugwinning	Verlichting		Gebouwmassa	
	Rc=3,2, WTW=60%, verl. 8 W/m ² , zware constr.	Rc=4,5	90%	12 W/m ²	18 W/m ²	Middel	Licht
	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren
Bovenste kantoor T 25 > °C	500	759	500	606	753	521	521
Bovenste kantoor T 28 > °C	81	292	81	121	215	87	114

Tabel 74: Temperatuur overschrijdingsuren kantoorgebouw

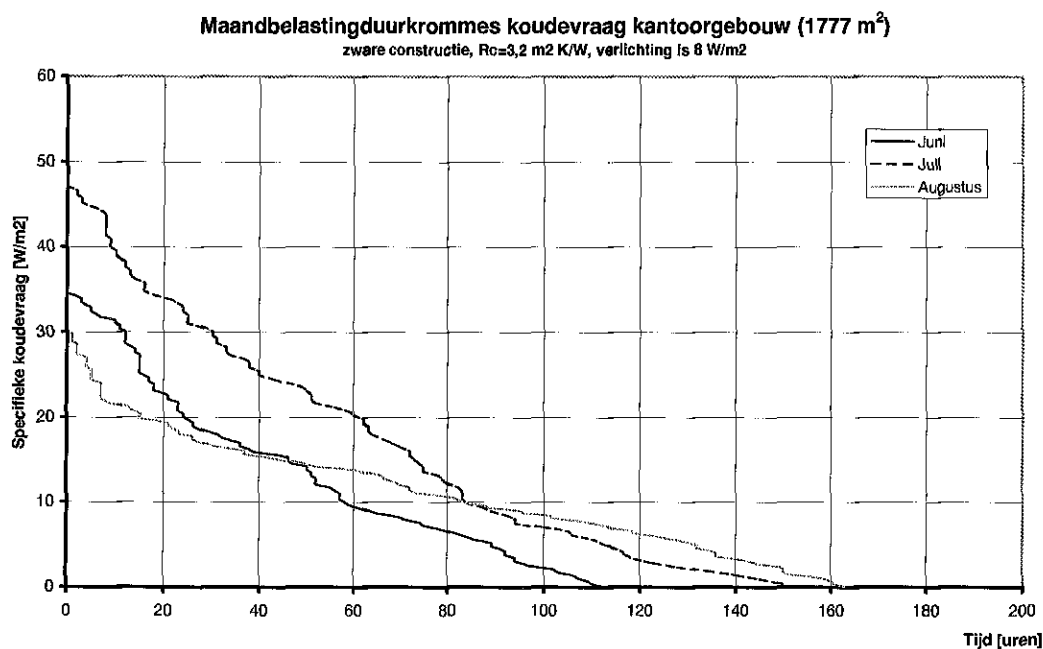
4.1.2 Maandbelastingduurkrommes



Figuur 77: Belastingduurkromme warmtevraag kantoorgebouw januari - april

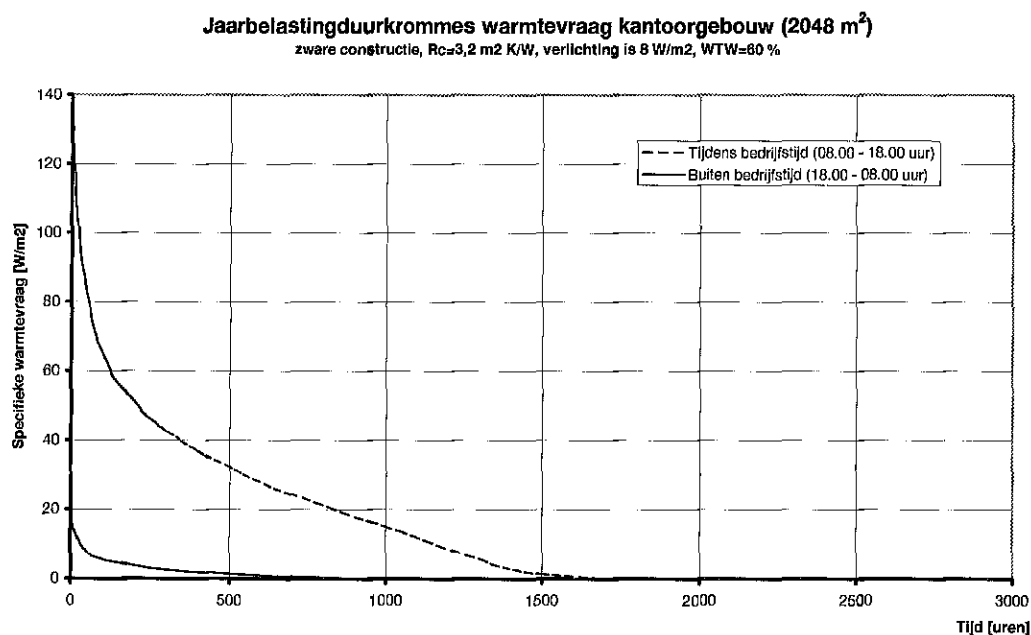


Figuur 78: Belastingduurkromme warmtevraag kantoorgebouw oktober - december



Figuur 79: Belastingduurkromme koudevraag kantoorgebouw juni - augustus

4.1.3 Jaarbelastingduurkrommes kantoorgebouw tijdens en buiten bedrijfstijd

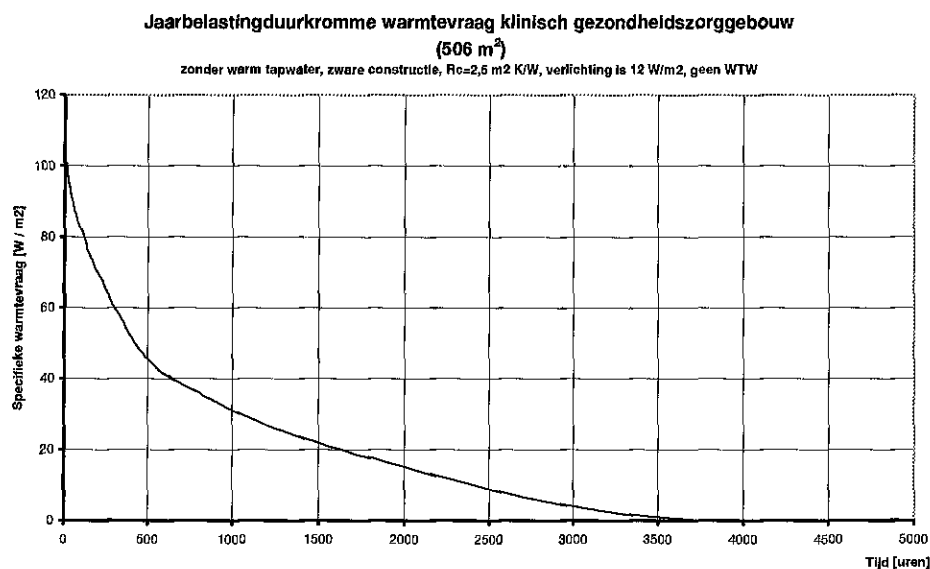


Figuur 80: Belastingduurkromme warmtevraag kantoorgebouw tijdens en buiten bedrijfstijd

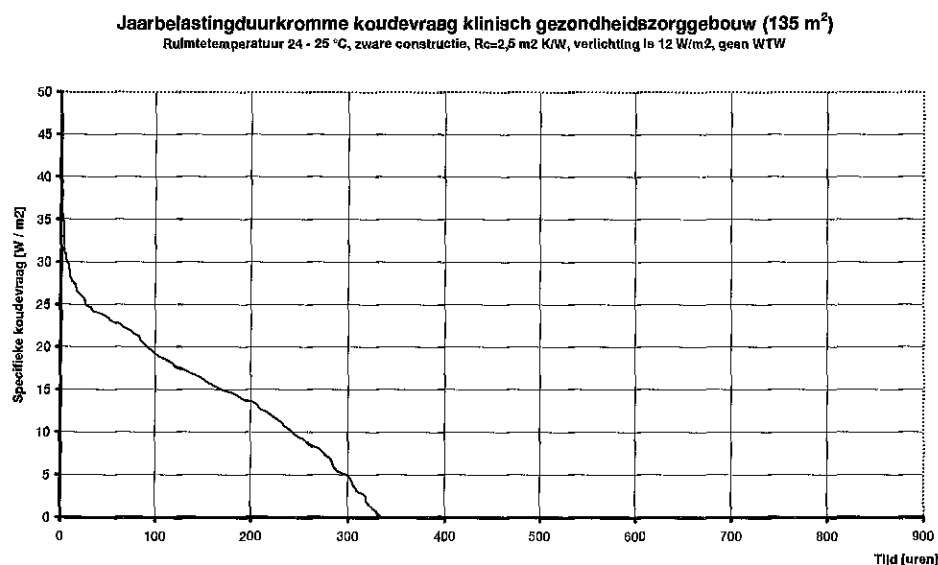
	Tijdens bedrijfstijd	Buiten bedrijfstijd
Warmtevraag [GJ/jaar]	307	17
Aantal uren vraag per jaar [-]	1711	907
Primaire energie [GJ/jaar]	359	20
Primaire energie [MJ/jaar m ²]	196	11
Piekvraag [kW]	280	43

Tabel 75: Overzicht warmtevraag kantoorgebouw tijdens en buiten bedrijfstijd

4.2 DATASHEET: Klinisch gezondheidszorggebouw



Figuur 81: *Belastingduurkromme warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw referentiesituatie*



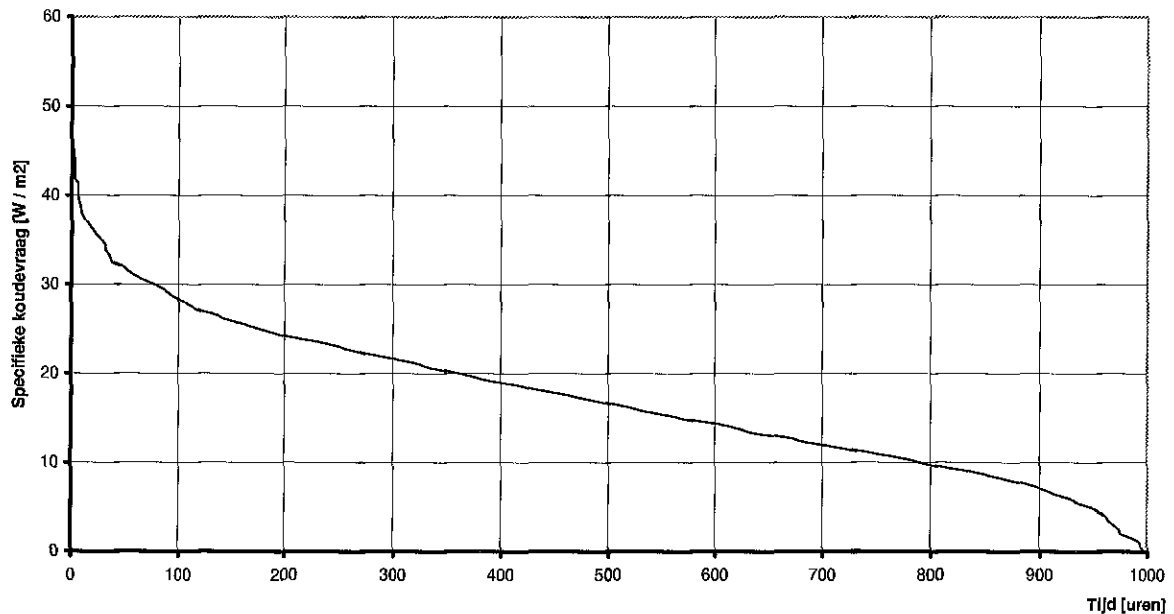
Figuur 82: *Belastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw referentiesituatie*

	Warmtevraag	Koudevraag
Vraag [GJ/jaar]	154	2,4
Aantal uren vraag per jaar [-]	3792	334
Primaire energie [GJ/jaar]	180	1,3
Primaire energie [MJ/jaar m ²]	356	9,6
Piekvraag [kW]	55	5,2
Aantal uur equiv.vollast [-]	778	128

Tabel 76: *Overzicht warmte- en koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw referentiesituatie*

Jaarbelastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw (135 m²)

Ruimtetemperatuur 22 - 23 °C, zware constructie, Rc=2,5 m² K/W, verlichting is 12 W/m², geen WTW



Figuur 83: Belastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw referentiesituatie

	Koudevraag
Vraag [GJ/jaar]	7,7
Aantal uren vraag per jaar [-]	996
Primaire energie [GJ/jaar]	4,1
Primaire energie [MJ/jaar m ²]	30,4
Piekvraag [kW]	6,6
Aantal uur equiv. vollast [-]	324

Tabel 77: Overzicht koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw referentiesituatie

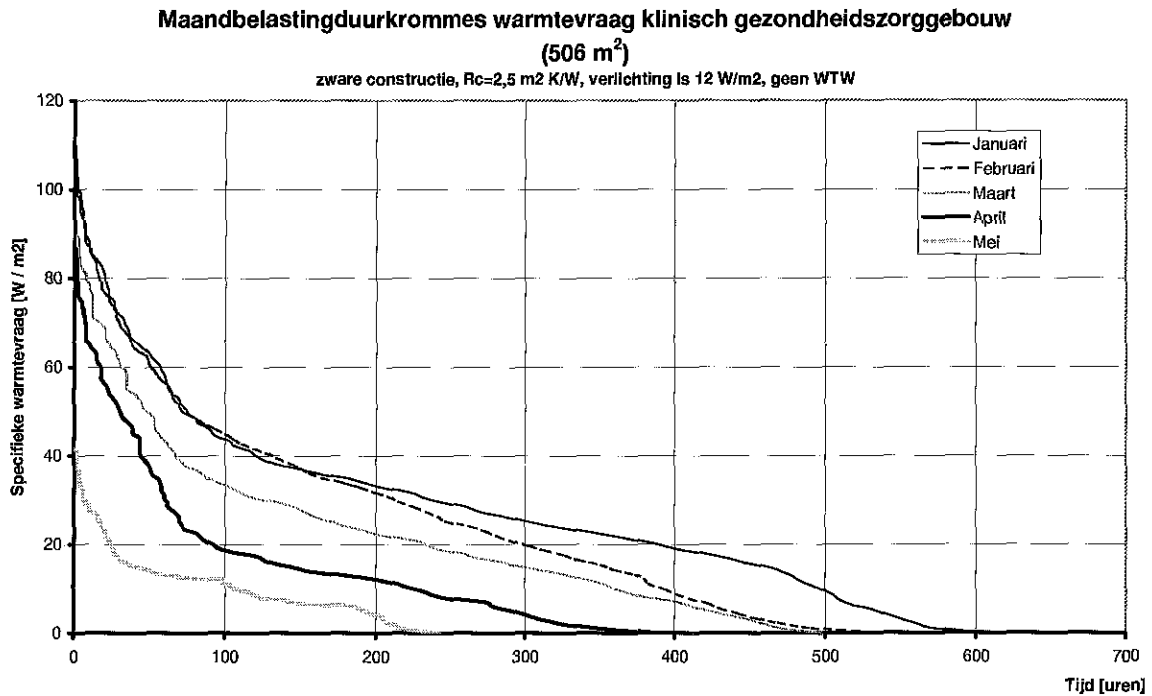
4.2.1 Temperatuur overschrijdingsuren

In de onderstaande tabel zijn de overschrijdingsuren (tijdens de openingstijden van het gebouw en bij uitgeschakelde koelinstallatie) van 25 °C weergegeven in de woonzone.

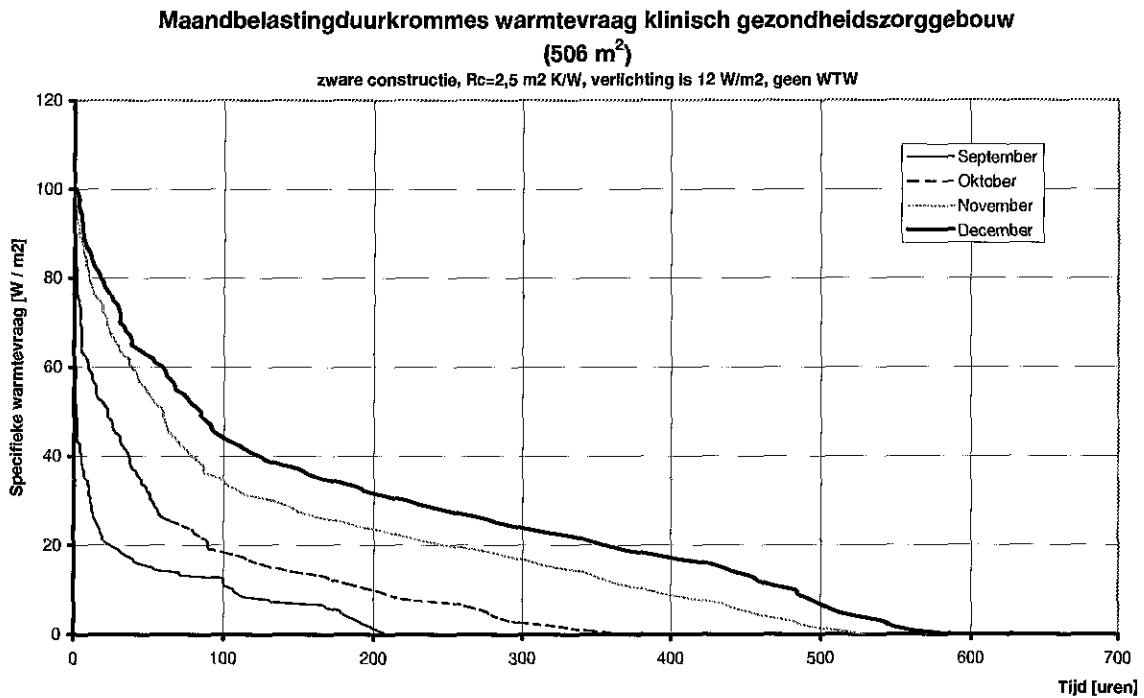
Configuratie	Referentie	Isolatie		Warmteterugwinning		Verlichting	Gebouwmassa	
	Rc=2,5, geen WTW, verl. 12 W/m ² , zware constr.	Rc=3,5	Rc=4,5	60%	90%	18 W/m ²	Middel	Licht
	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren
Woonzone	515	1041	1482	515	515	637	670	875

Tabel 78: Temperatuur overschrijdingsuren klinisch gezondheidszorggebouw

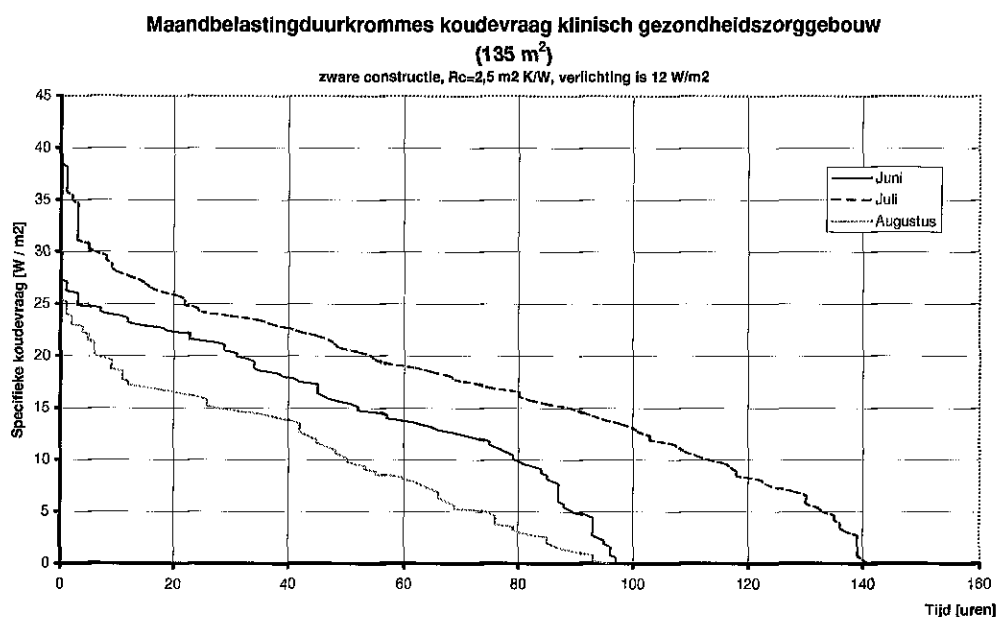
4.2.2 Maandbelastingduurkrommes



Figuur 84: Belastingduurkromme warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw januari - mei

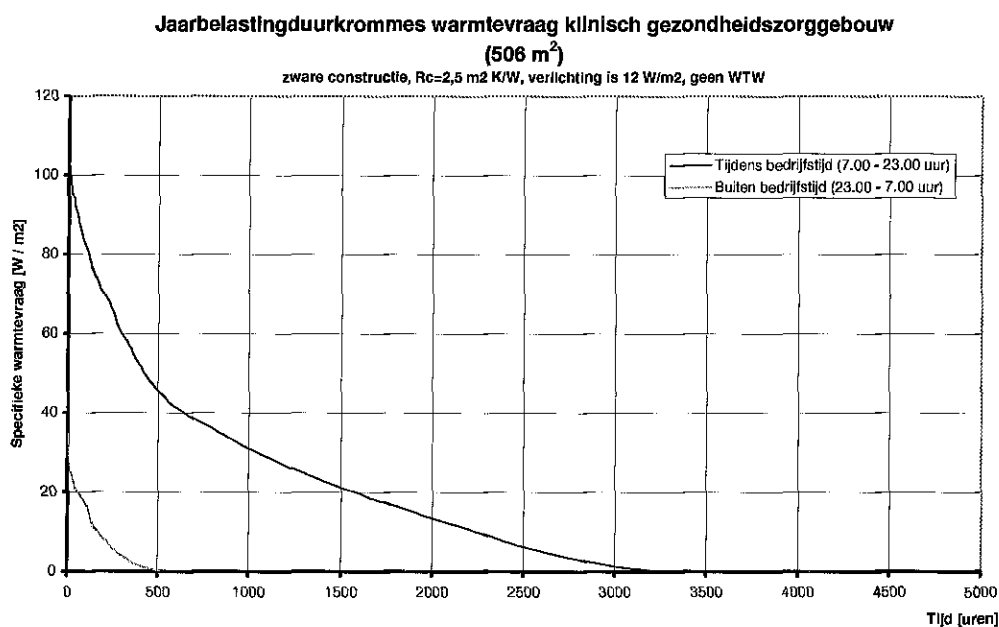


Figuur 85: Belastingduurkromme warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw september - december



Figuur 86: Belastingduurkromme koudevraag klinisch gezondheidszorggebouw juni - augustus

4.2.3 Jaarbelastingduurkrommes klinisch gezondheidszorggebouw tijdens en buiten bedrijfstijd



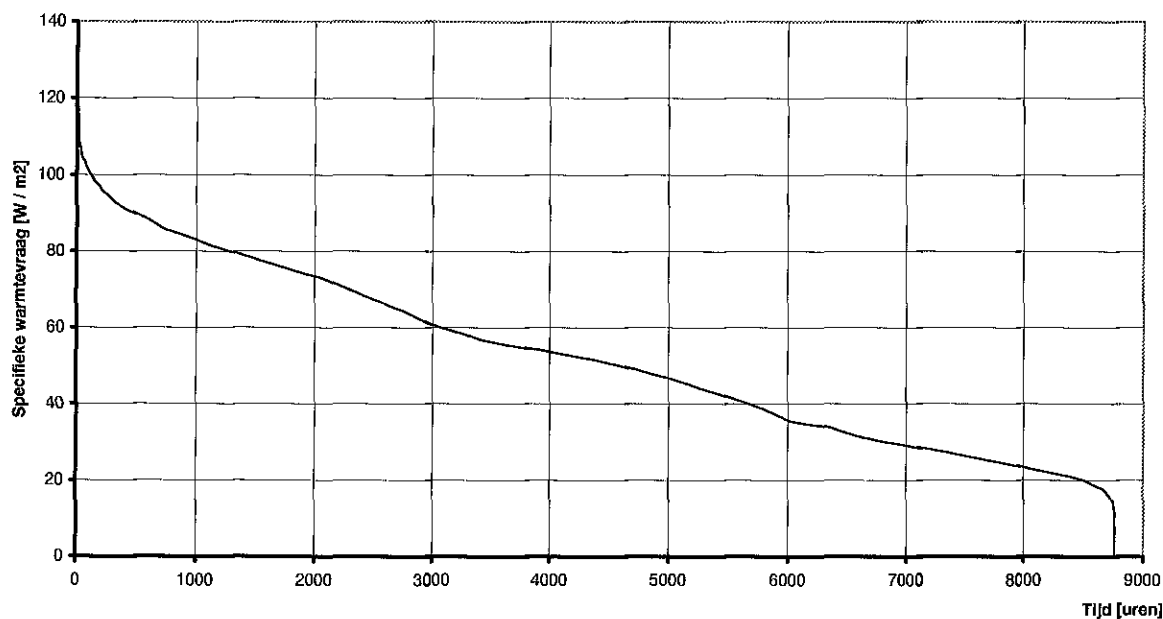
Figuur 87: Belastingduurkromme warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw tijdens en buiten bedrijfstijd

	Tijdens bedrijfstijd	Buiten bedrijfstijd
Warmtevraag [GJ/jaar]	147	8
Aantal uren vraag per jaar [-]	3278	514
Primaire energie [GJ/jaar]	171	9
Primaire energie [MJ/jaar m ²]	340	16
Piekvraag [kW]	55	18

Tabel 79: Overzicht warmtevraag klinisch gezondheidszorggebouw tijdens en buiten bedrijfstijd

4.3 DATASHEET: Zwembad

Jaarbelastingduurkromme warmtevraag zwembad (3293 m²)
zware constructie, Rc=3,2 m² K/W, verlichting is 8 W/m², WTW=70%



Figuur 88: Belastingduurkromme warmtevraag zwembad referentiesituatie

	Warmtevraag
Vraag [GJ/jaar]	5450
Aantal uren vraag per jaar [-]	8760
Primaire energie [GJ/jaar]	10481
Primaire energie [MJ/jaar m ²]	3183
Piekvraag [kW]	415
Aantal uur equiv. vollast [-]	3648

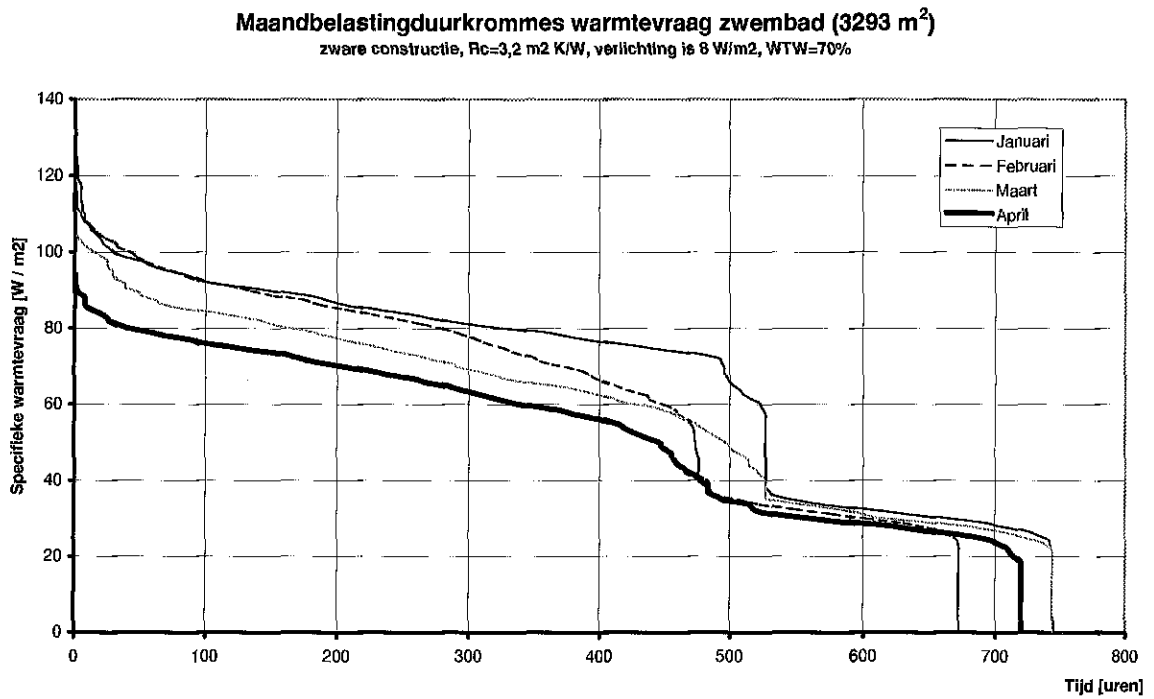
Tabel 80: Overzicht warmtevraag zwembad referentiesituatie

Opmerkingen

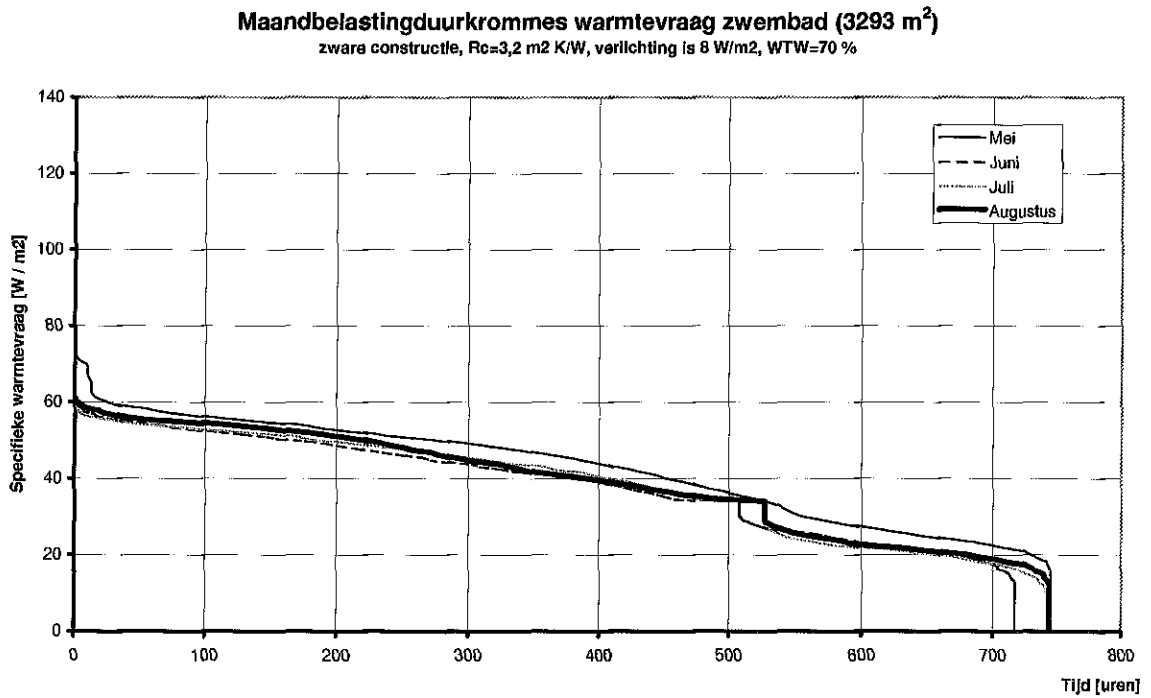
Het zwembad is niet voorzien van een koelinstallatie. Om deze reden zijn er geen belastingduurkrommes van de koudevraag gemaakt.

Vanwege de hoge temperaturen die in de ruimtes van het zwembad heersen, zijn er eveneens geen temperatuur overschrijdingsberekeningen uitgevoerd.

4.3.1 Maandbelastingduurkrommes

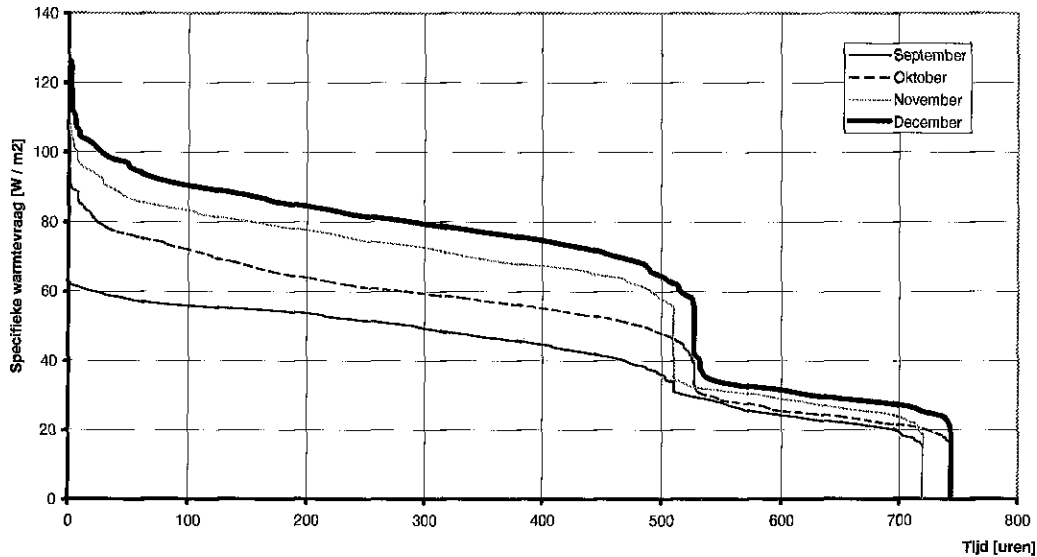


Figuur 89: *Belastingduurkromme warmtevraag zwembad januari - april*



Figuur 90: *Belastingduurkromme warmtevraag zwembad mei - augustus*

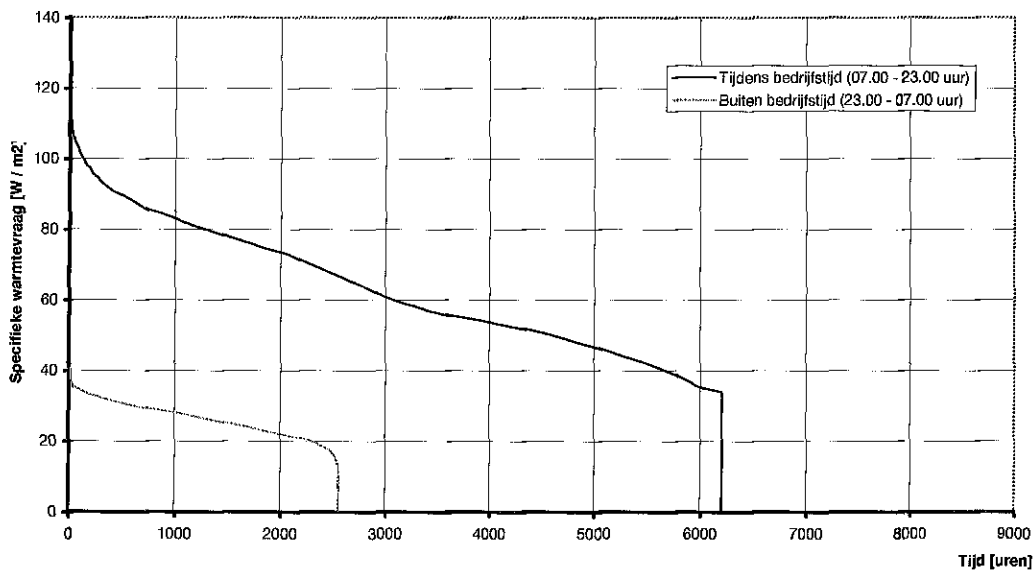
Maandbelastingduurkrommes warmtevraag zwembad (3293 m²)
 zware constructie, Rc=3,2 m² K/W, verlichting is 8 W/m², WTW=70 %



Figuur 91: *Belastingduurkromme warmtevraag zwembad september - december*

4.3.2 Jaarbelastingduurkrommes zwembad tijdens en buiten bedrijf

Overzicht jaarbelastingduurkrommes warmtevraag zwembad (3293 m²)
 zware constructie, Rc=3,2 m² K/W, verlichting is 8 W/m², WTW=70 %



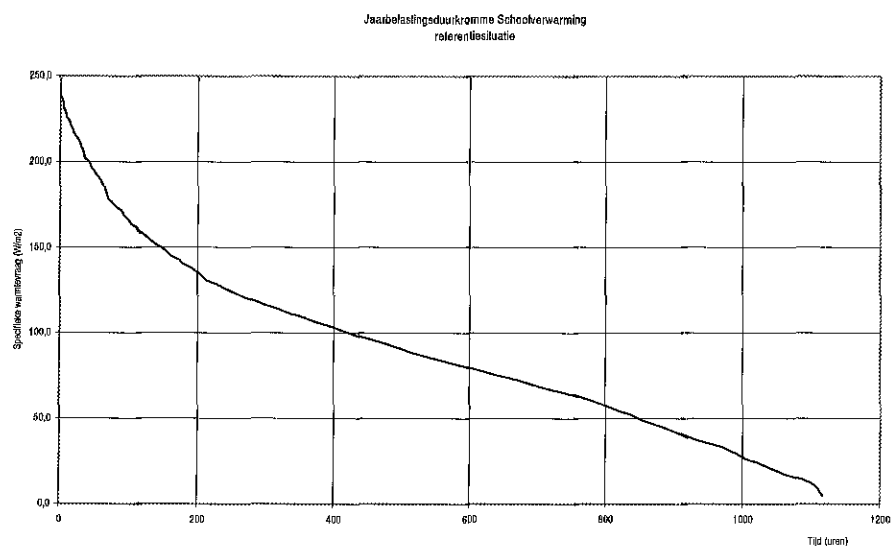
Figuur 92: *Belastingduurkromme warmtevraag zwembad tijdens en buiten bedrijf*

	Tijdens bedrijf	Buiten bedrijf
Warmtevraag [GJ/jaar]	4652	798
Aantal uren vraag per jaar [-]	6205	2555
Primaire energie [GJ/jaar]	8946	1535
Primaire energie [MJ/jaar m ²]	2717	466
Piekvraag [kW]	415	138

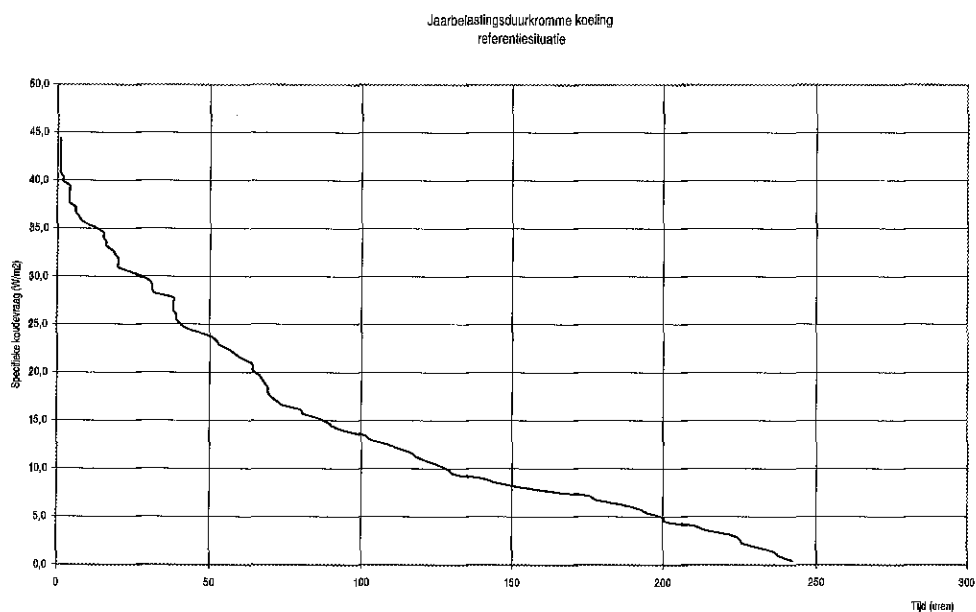
Tabel 81: *Overzicht warmtevraag zwembad tijdens en buiten bedrijf*

4.4 DATASHEET: Onderwijsgebouw.

Zware constructie, $R_c=2,5 \text{ m}^2 \text{ K/W}$, verlichting 8 W/m^2 , geen wtw



Figuur 93 : Belastingduurkromme schoolverwarming referentiesituatie



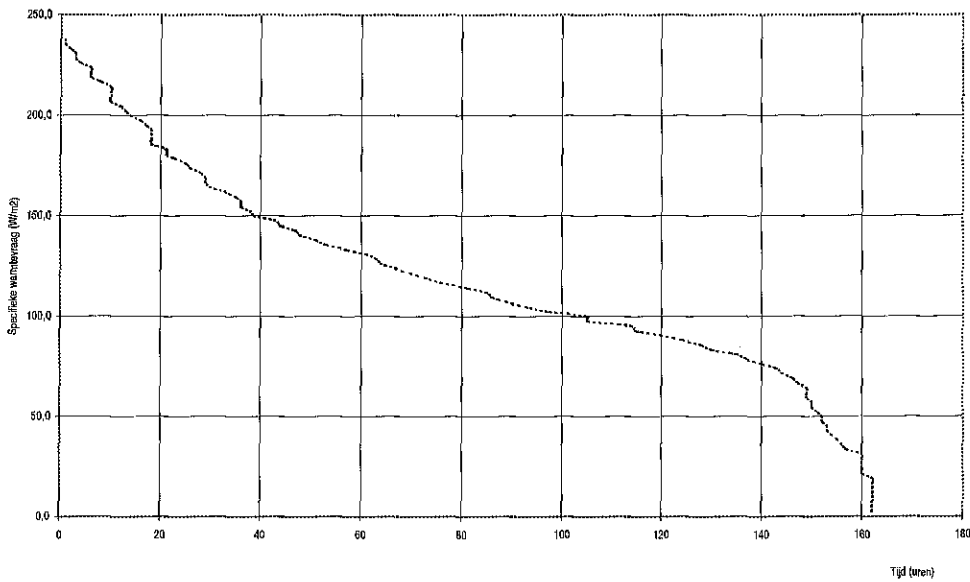
Figuur 94 : Belastingduurkromme schoolkoeling referentiesituatie

	Warmtevraag	Koudevraag
Vraag (GJ/jaar)	180,6	6,09
Aantal uren vraag per jaar	1143	232
Primaire Energie (GJ/jaar)	211	3,17
Primaire Energie (MJ/jaar/m ²)	431	14
Piekvraag (kW)	116	22
Aantal uren equiv. vollast [-]	432	276

DATASHEET: Onderwijsgebouw.

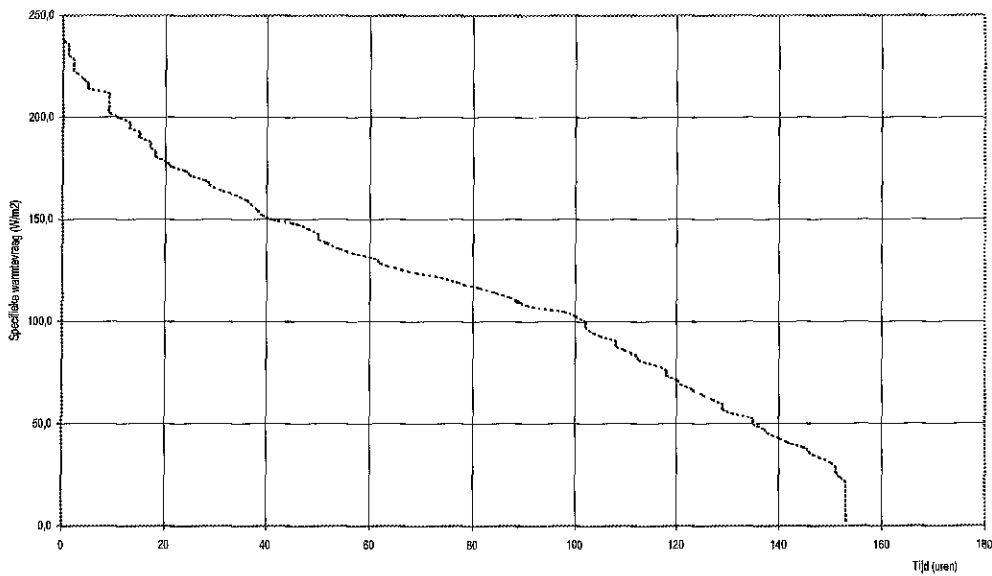
Maand belastingduurkromme verwarming

Belastingduurkromme verwarming maand : januari



Figuur 95: *Belastingduurkromme schoolverwarming maand januari*

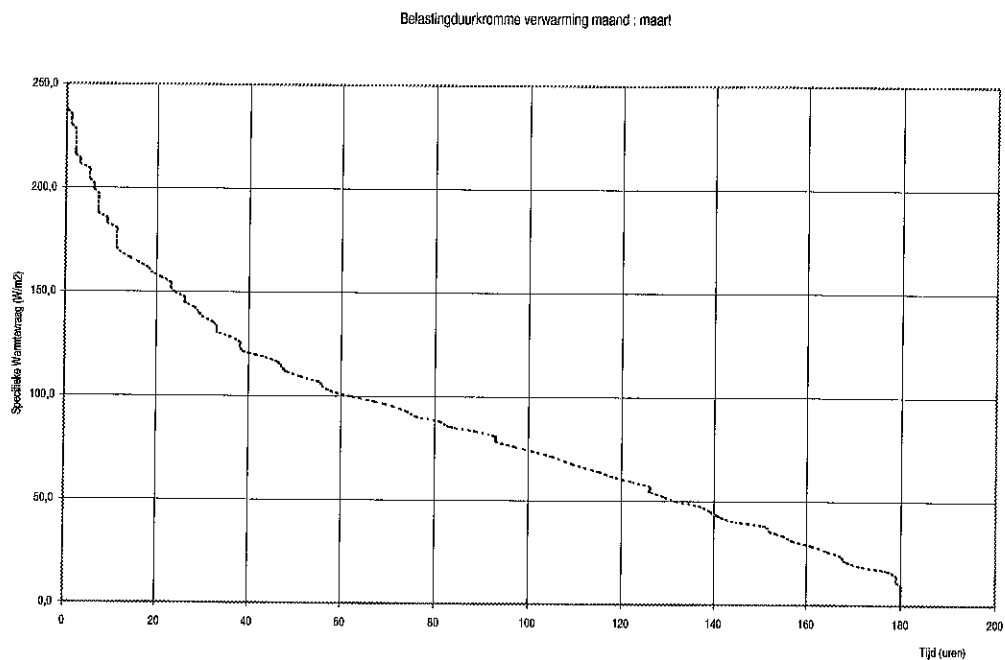
Belastingduurkromme verwarming maand : februari



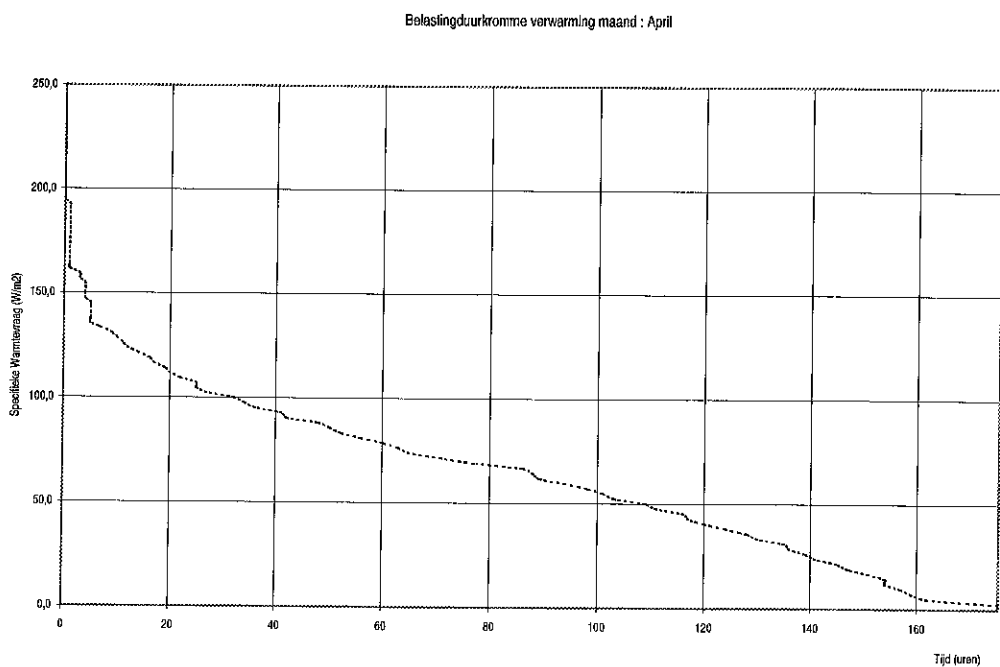
Figuur 96: *Belastingduurkromme schoolverwarming referentiesituatie maand februari*

DATASHEET: Onderwijsgebouw.

Maand belastingduurkromme verwarming



Figuur 97 : *Belastingduurkromme schoolverwarming referentiesituatie maand maart*

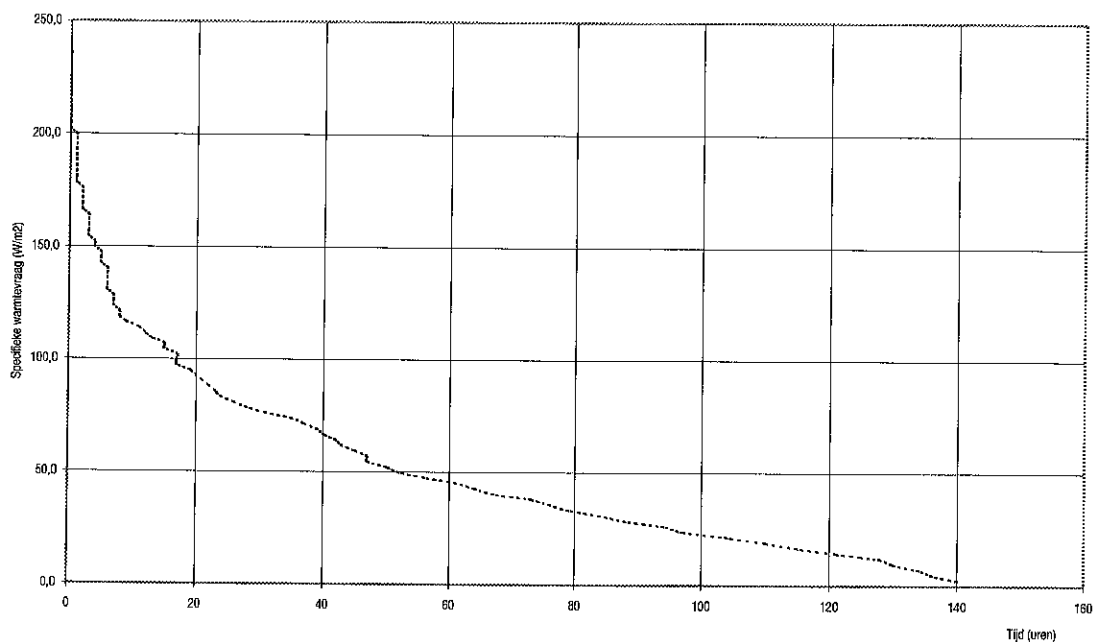


Figuur 98 : *Belastingduurkromme schoolverwarming referentiesituatie maand april*

DATASHEET: Onderwijsgebouw.

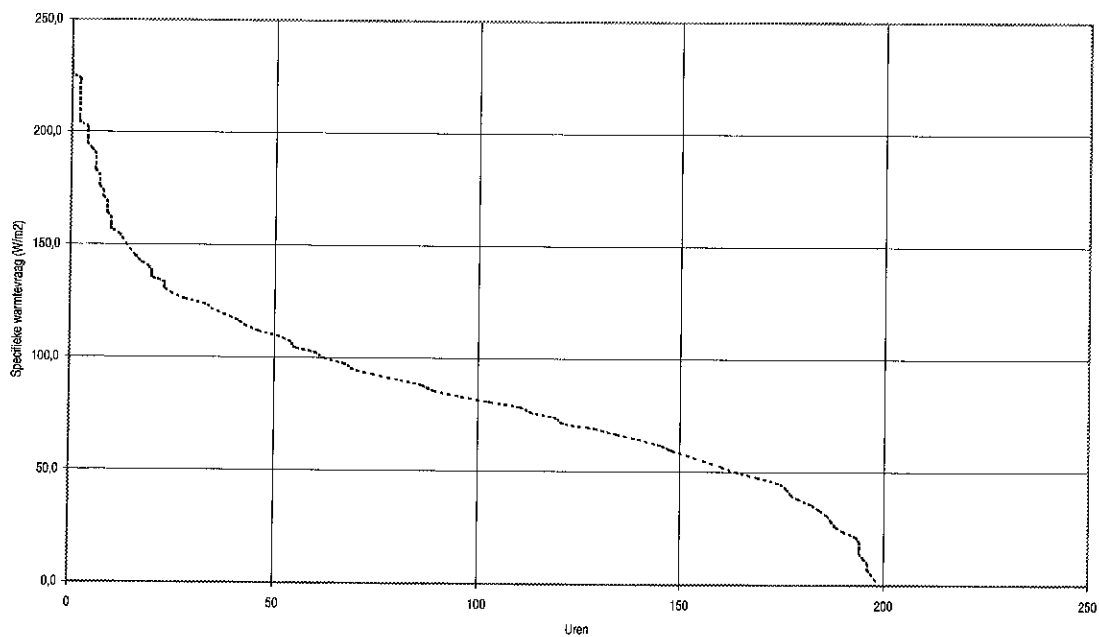
Maand belastingduurkromme verwarming

Belastingduurkromme verwarming maand : october



Figuur 99 : *Belastingduurkromme schoolverwarming referentiesituatie maand october*

Belastingduurkromme verwarming maand : november

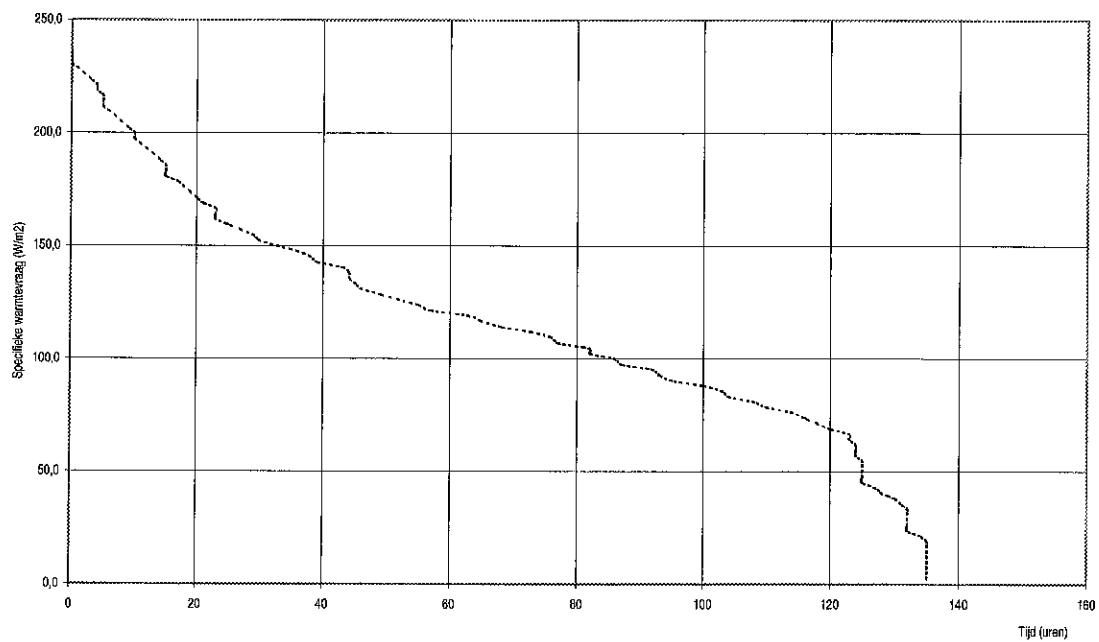


Figuur 100 : *Belastingduurkromme schoolverwarming referentiesituatie maand november*

DATASHEET: Onderwijsgebouw.

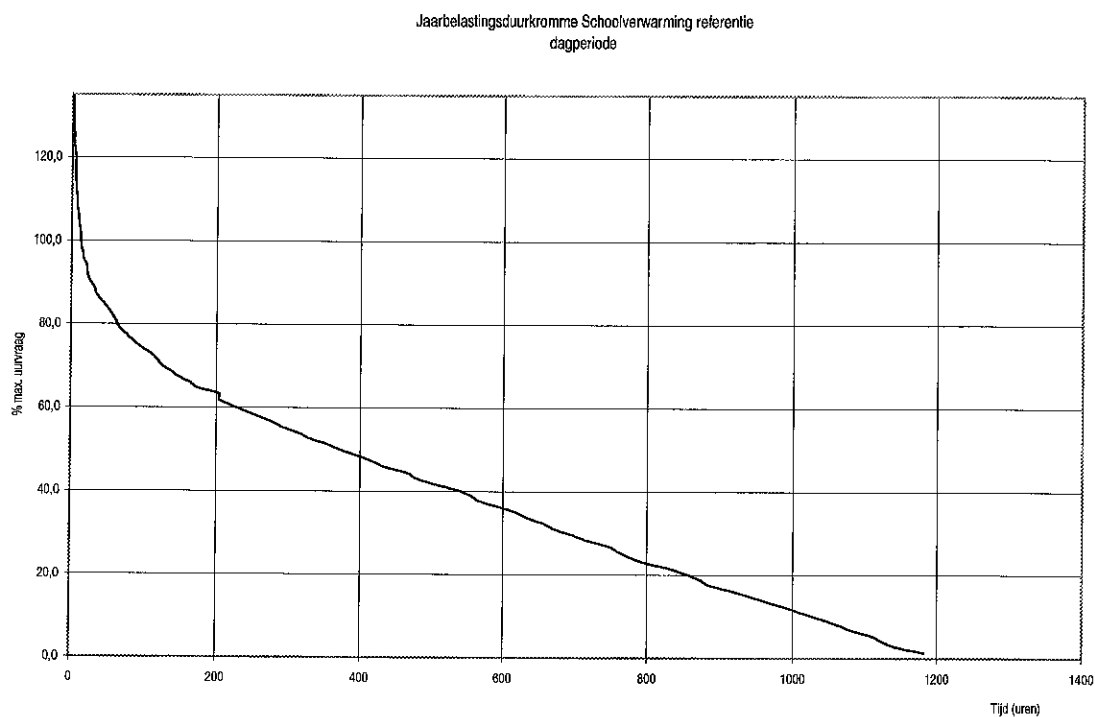
Maand belastingduurkromme verwarming

Belastingduurkromme verwarming maand : december



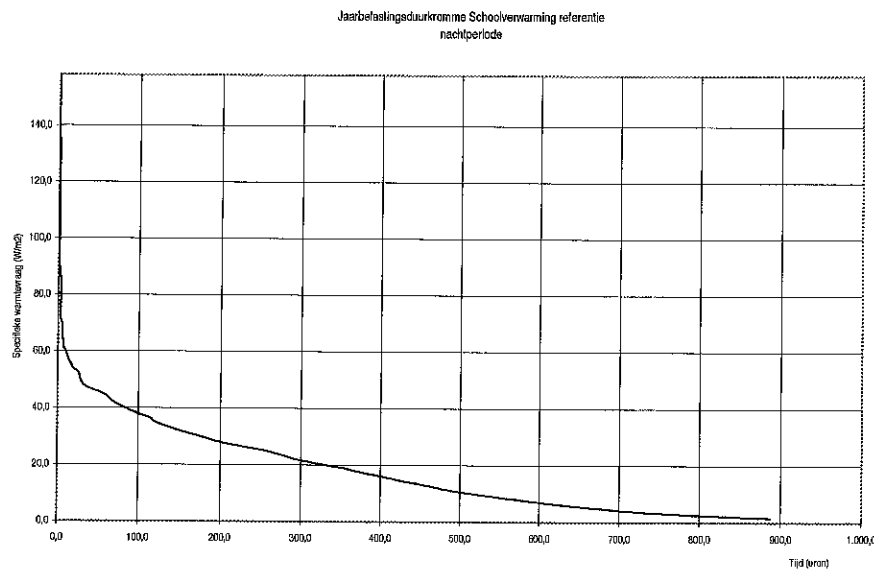
Figuur 101 :Belastingduurkromme schoolverwarming referentiesituatie maand december

DATASHEET: Onderwijsgebouw. Belastingduurkromme verwarming dagperiode



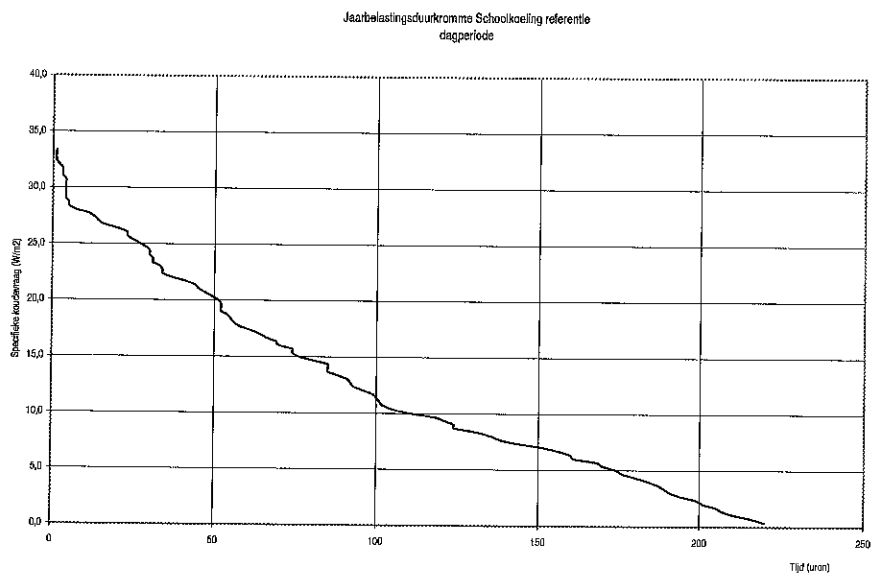
Figuur 102 : *Belastingduurkromme schoolverwarming dagperiode referentiesituatie*

Belastingduurkromme verwarming nachtperiode

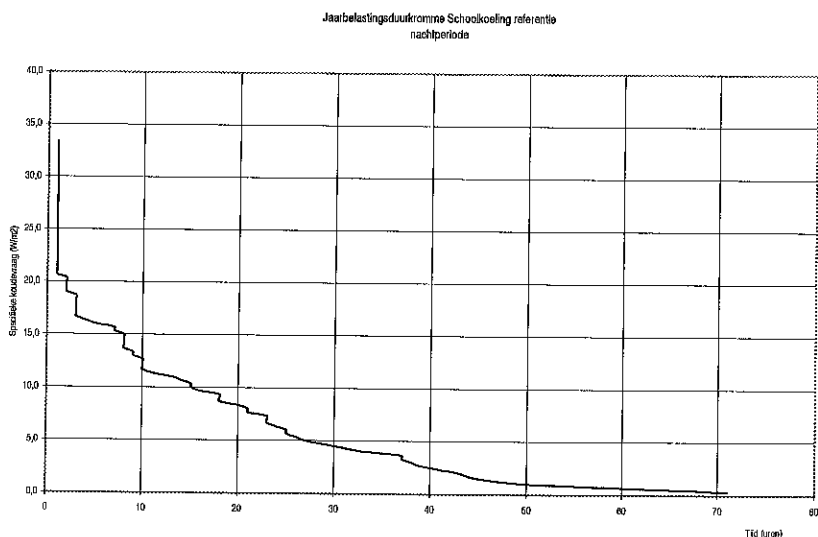


Figuur 103 : *Belastingduurkromme schoolverwarming referentiesituatie nachtperiode*

DATASHEET: Onderwijsgebouw. Belastingduurkromme koeling dagperiode



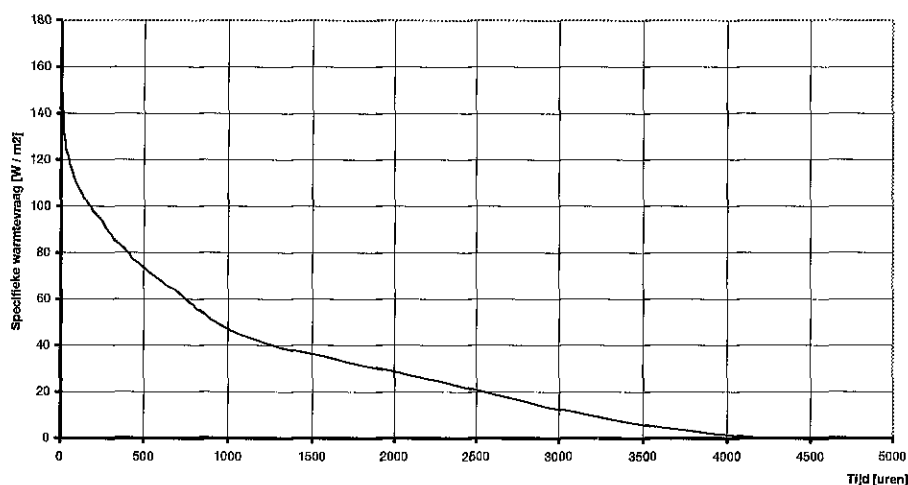
Figuur 104 : *Belastingduurkromme koudevraag schoolgebouw dagperiode*



Figuur 105 : *Belastingduurkromme koudevraag schoolgebouw referentiesituatie nachtperiode*

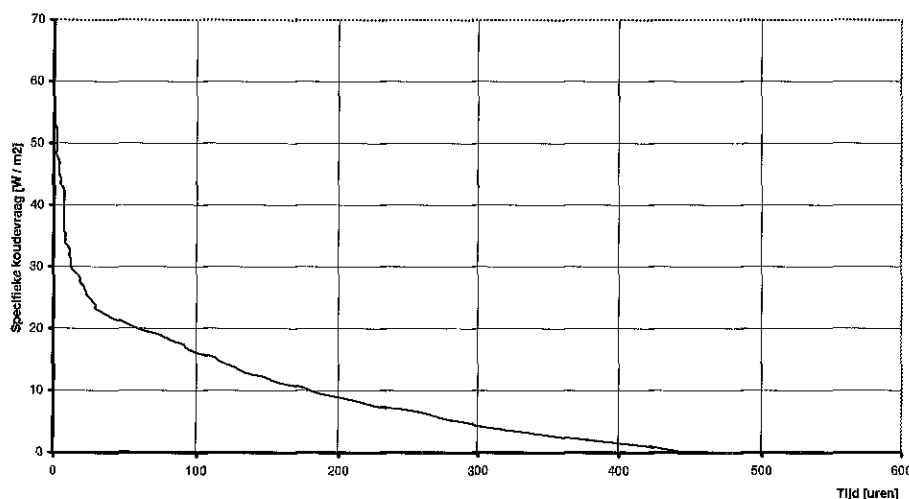
4.5 DATASHEET: Bijeenkomstgebouw

Jaarbelastingduurkromme warmtevraag bijeenkomstgebouw (626 m²)
zonder warm tapwater, zware constructie, Rc=2,8 m² K/W, verlichting is 8 W/m², geen WTW



Figuur 106: *Belastingduurkromme warmtevraag bijeenkomstgebouw referentiesituatie*

Jaarbelastingduurkromme koudevraag bijeenkomstgebouw (626 m²)
zware constructie, warmtelest en VV volgens schema's, Rc=2,8 m² K/W, verlichting is 8 W/m², geen WTW



Figuur 107: *Belastingduurkromme koudevraag bijeenkomstgebouw referentiesituatie*

	Warmtevraag	Koudevraag
Vraag [GJ/jaar]	318	10,3
Aantal uren vraag per jaar [-]	4210	445
Primaire energie [GJ/jaar]	372	5,4
Primaire energie [MJ/jaar m ²]	595	8,7
Piekvraag [kW]	106	33,1
Aantal uur equiv. vollast [-]	833	86

Tabel 82: *Overzicht warmte- en koudevraag bijeenkomstgebouw referentiesituatie*

4.5.1 Temperatuur overschrijdingsuren

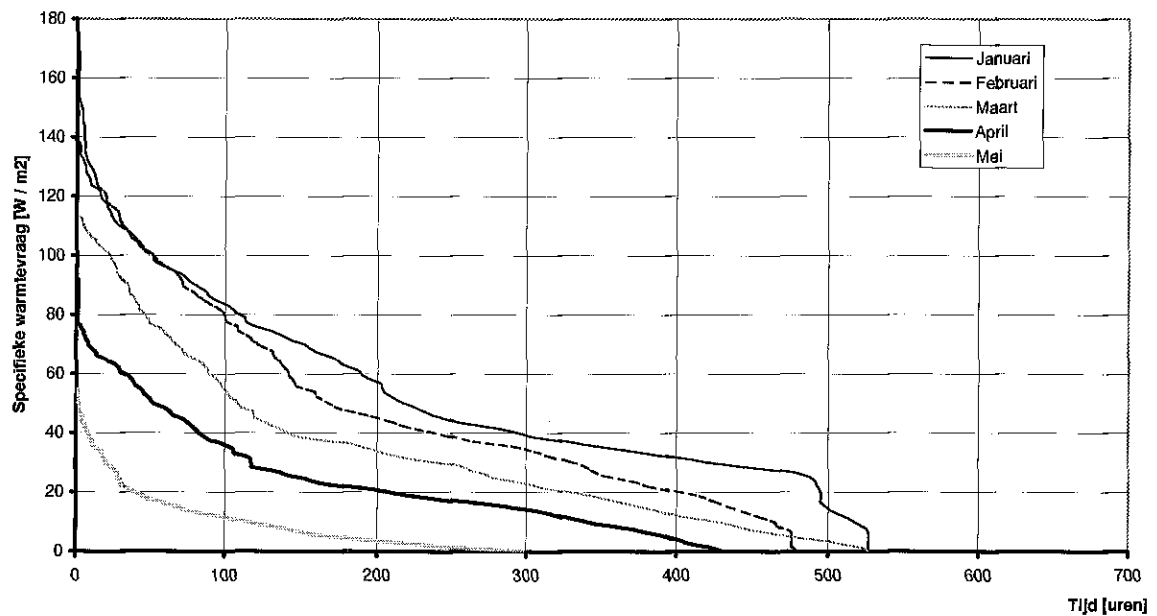
In de onderstaande tabel zijn de overschrijdingsuren weergegeven voor de 3 zones van het bijeenkomstgebouw. Alleen de uren dat de temperatuur hoger is dan 25 °C en optreden tussen 07.00 en 23.00 uur zijn in de onderstaande tabel opgenomen.

Configuratie	Referentie	Isolatie		Warmterugwinning		Verlichting		Gebouwmassa	
	Rc=2,8, geen WTW, verl. 8 W/m ² , zware constr.	Rc=3,5	Rc=4,5	60%	90%	12 W/m ²	18 W/m ²	Licht	Middel
	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren
Zone 1	798	911	1009	798	798	895	1008	883	824
Zone 2	118	178	218	118	118	203	312	141	117
Zone 3	406	463	506	406	406	538	866	687	552

Tabel 83: *Temperatuur overschrijdingsuren bijeenkomstgebouw*

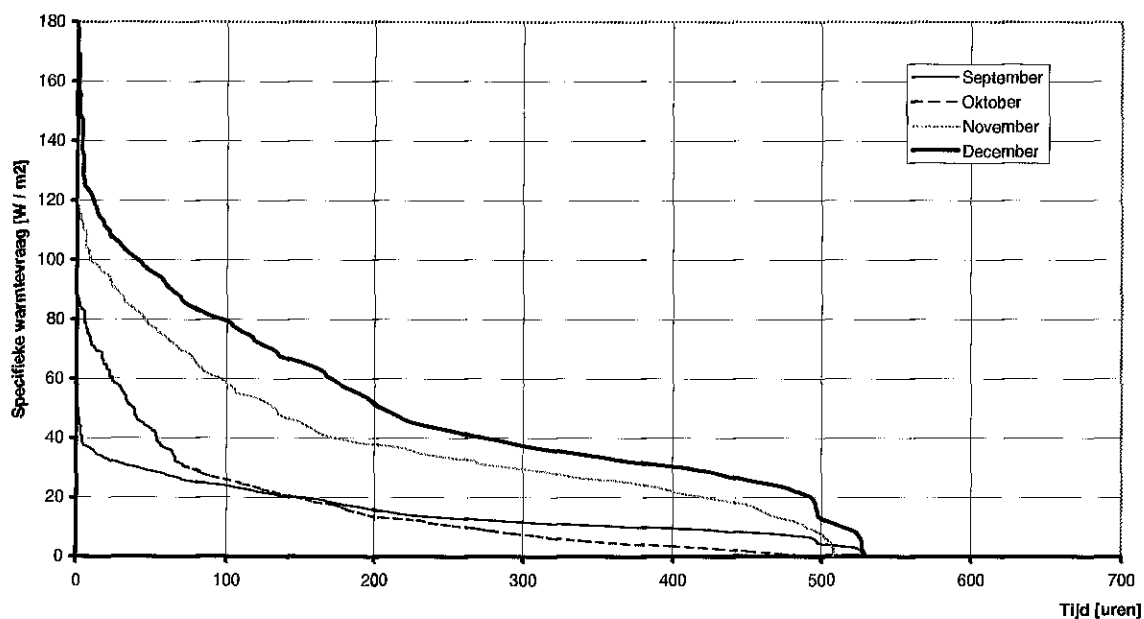
4.5.2 Maandbelastingduurkrommes

Maandbelastingduurkrommes warmtevraag bijeenkomstgebouw (626 m²)
zware constructie, Rc=2,8 m² K/W, verlichting is 8 W/m², geen WTW



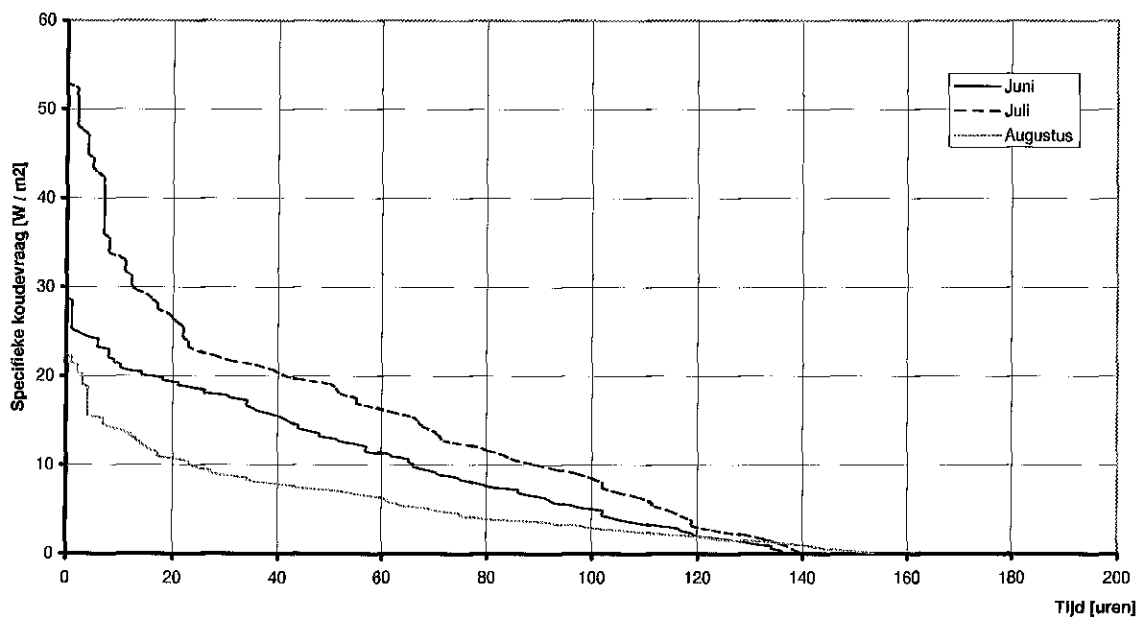
Figuur 108: *Belastingduurkromme warmtevraag bijeenkomstgebouw januari - mei*

Maandbelastingduurkrommes warmtevraag bijeenkomstgebouw (626 m²)
 zware constructie, Rc=2,8 m² K/W, verlichting is 8 W/m², geen WTW



Figuur 109: *Belastingduurkromme warmtevraag bijeenkomstgebouw september - december*

Maandbelastingduurkrommes koudevraag bijeenkomstgebouw (626 m²)
 zware constructie, Rc=2,8 m² K/W, verlichting is 8 W/m²



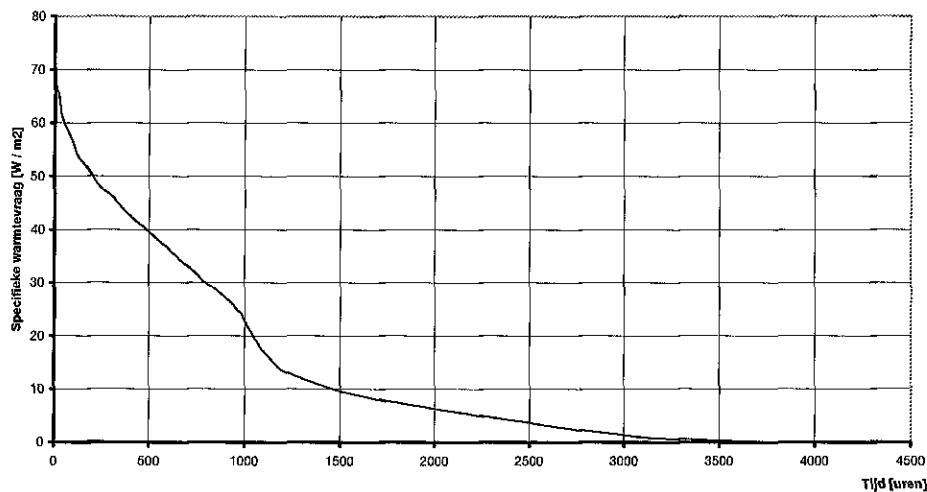
Figuur 110: *Belastingduurkromme koudevraag bijeenkomstgebouw juni - augustus*

Opmerking

Van het bijeenkomstgebouw zijn geen belastingduurkrommes opgesteld van de warmtevraag tijdens en buiten bedrijfstijd. De reden hiervoor is dat de warmtevraag buiten de bedrijfstijd van het gebouw ca. 1 % van de totale warmtevraag is.

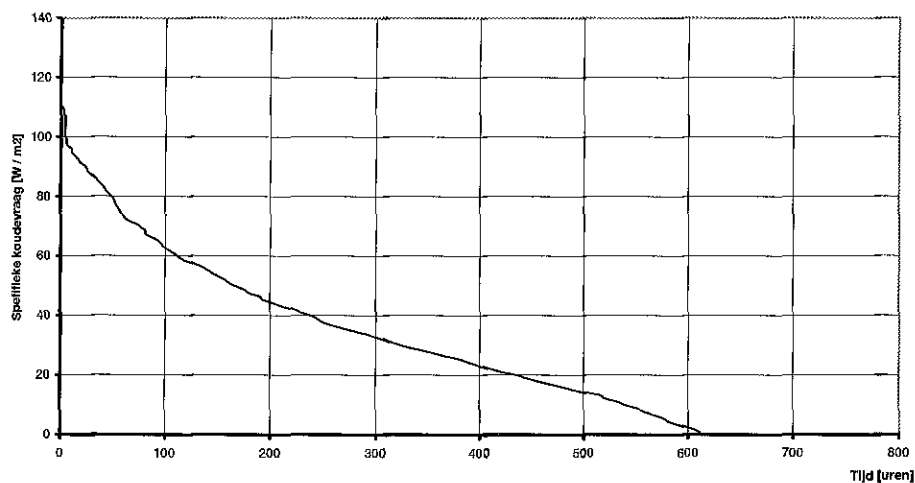
4.6 DATASHEET: Sportgebouw

Jaarbelastingduurkromme warmtevraag sportgebouw (2224 m²)
zware constructie, Rc=2,9 m² K/W, verlichting is 8 W/m², geen WTW



Figuur 111: Belastingduurkromme warmtevraag sportgebouw referentiesituatie

Jaarbelastingduurkromme koudevraag sportgebouw (265 m²)
zware constructie, Rc=2,9 m² K/W, verlichting is 8 W/m², geen WTW



Figuur 112: Belastingduurkromme koudevraag sportgebouw referentiesituatie

	Warmtevraag	Koudevraag
Vraag [GJ/jaar]	444	21,6
Aantal uren vraag per jaar [-]	3783	613
Primaire energie [GJ/jaar]	519	11,4
Primaire energie [MJ/jaar m ²]	233	43
Piekvraag [kW]	174	29,3
Aantal uur equiv. vollast [-]	709	205

Tabel 84: Overzicht warmte- en koudevraag sportgebouw referentiesituatie

4.6.1 Temperatuur overschrijdingsuren

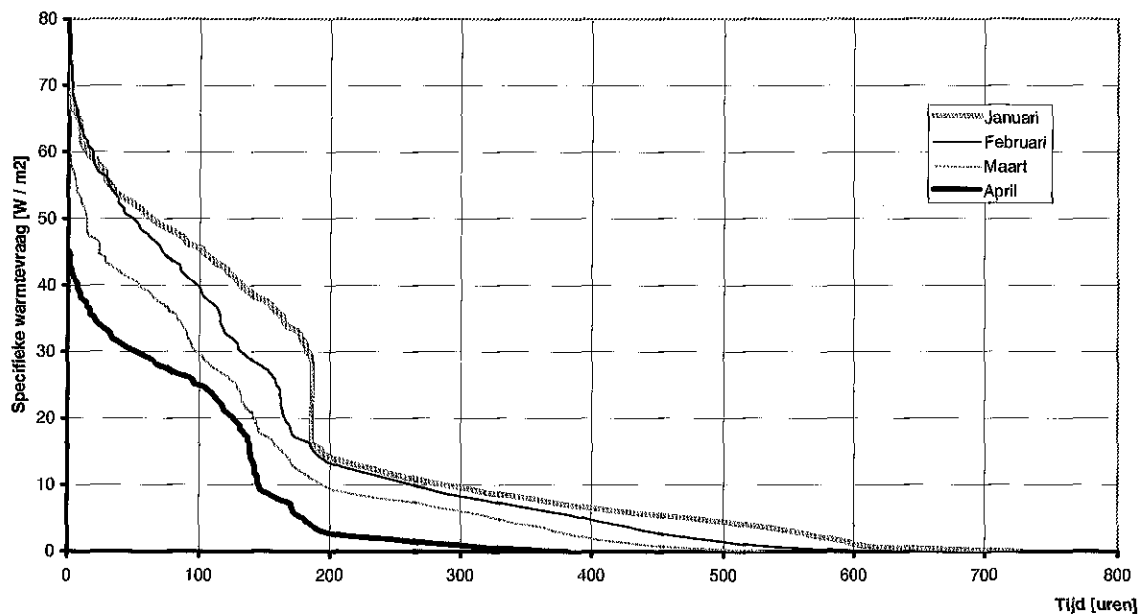
In de onderstaande tabel zijn de overschrijdingsuren weergegeven voor de kantine en de sporthal van het sportgebouw. Alleen de uren dat de temperatuur hoger is dan 25 °C en optreden tussen 15.00 en 21.00 uur zijn in de onderstaande tabel opgenomen.

Configuratie	Referentie	Isolatie		Warmteterugwinning		Verlichting		Gebouwmassa
	Rc=2,8, geen WTW, verl. 8 W/m2, zware constr.	Rc=3,5	Rc=4,5	WTW=60%	WTW=90%	12 W/m2	18 W/m2	Licht
	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren	Uren
Sporthal	9	12	12	9	9	36	74	33
Kantine	722	767	826	722	722	799	864	829

Tabel 85: *Temperatuur overschrijdingsuren sportgebouw*

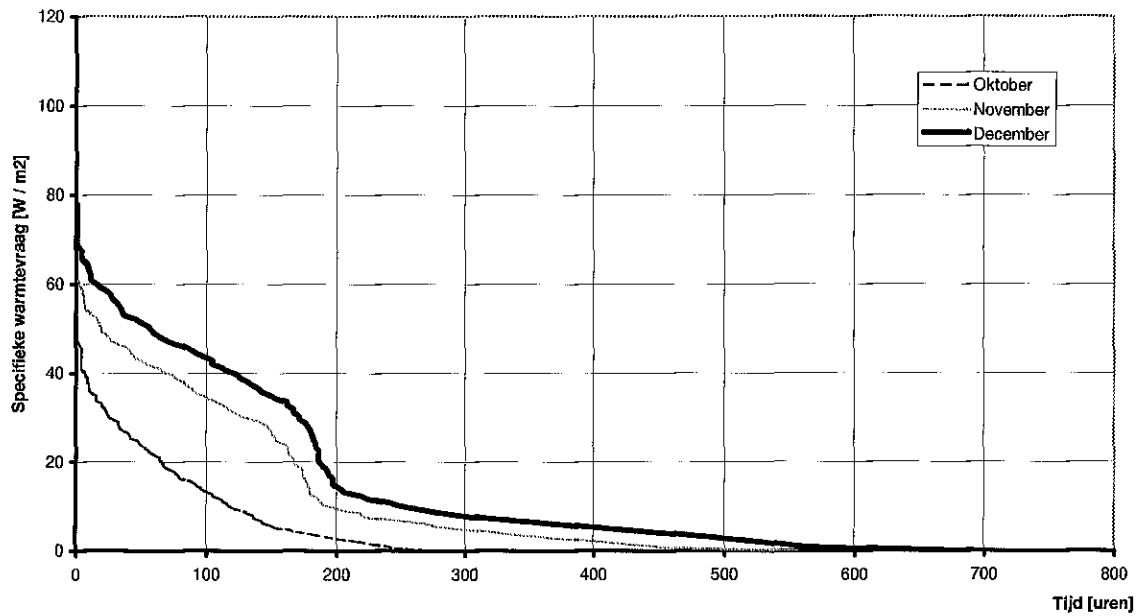
4.6.2 Maandbelastingduurkrommes

Maandbelastingduurkrommes warmtevraag sportgebouw (2224 m²)
zware constructie, Rc=2,9 m2 K/W, verlichting is 8 W/m2, geen WTW



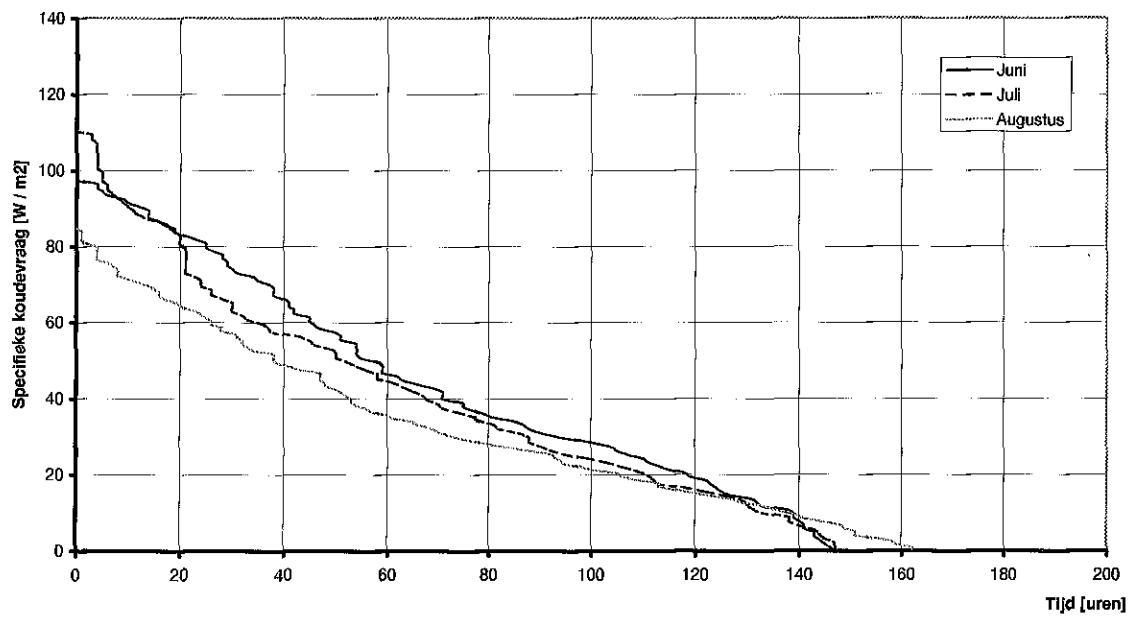
Figuur 113: *Belastingduurkromme warmtevraag sportgebouw januari - april*

Maandbelastingduurkrommes warmtevraag sportgebouw (2224 m²)
 zware constructie, Rc=2,9 m² K/W, verlichting is 8 W/m², geen WTW



Figuur 114: *Belastingduurkromme warmtevraag sportgebouw oktober - december*

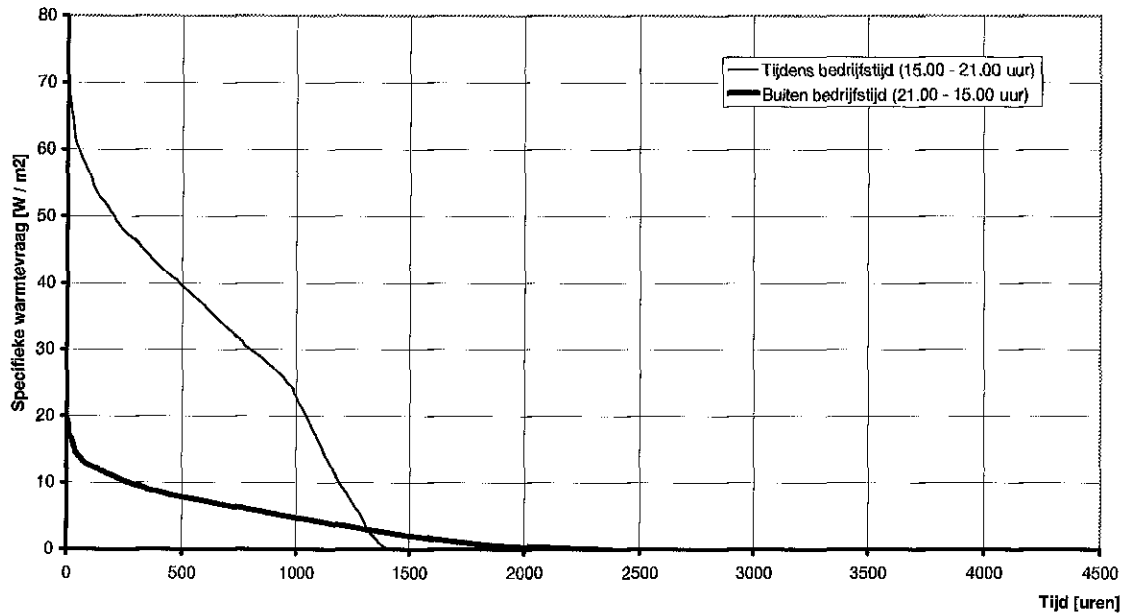
Maandbelastingduurkrommes koudevraag sportgebouw (265 m²)
 zware constructie, Rc=2,9 m² K/W, verlichting is 8 W/m²



Figuur 115: *Belastingduurkromme koudevraag sportgebouw juni - augustus*

4.6.3 Jaarbelastingduurkrommes sportgebouw tijdens en buiten bedrijfstijd

Jaarbelastingduurkrommes warmtevraag sportgebouw (2224 m²)
 zware constructie, Rc=2,9 m² K/W, verlichting is 8 W/m², geen WTW



Figuur 116: Belastingduurkromme warmtevraag sportgebouw tijdens en buiten bedrijfstijd

	Tijdens bedrijfstijd	Buiten bedrijfstijd
Warmtevraag [GJ/jaar]	357	87
Aantal uren vraag per jaar [-]	1407	2376
Primaire energie [GJ/jaar]	417	102
Primaire energie [MJ/jaar m ²]	187	46
Piekvraag [kW]	174	44

Tabel 86: Overzicht warmtevraag sportgebouw tijdens en buiten bedrijfstijd

5 OVERZICHT EN CONCLUSIES

De jaarbelastingduurkromme van de warmtevraag of de koudevraag van een gebouw maakt het aantal uren zichtbaar dat de verwarmingsinstallatie of koelinstallatie gebruikt wordt en tevens welk deel van het vermogen wordt ingezet om aan de warmtevraag of de koudevraag te voldoen. De warmtevraag of koudevraag wordt door verschillende factoren bepaald. Om inzicht te verkrijgen welke factoren in welke mate bij welk type utiliteitsgebouw een rol spelen zijn van een aantal utiliteitsgebouwen de jaarbelastingduurkrommes bepaald. Tevens is onderzocht in welke mate vraagbeperkende maatregelen doorwerken in de jaarbelastingduurkrommes.

Warmtevraag

In de navolgende tabel wordt voor de onderzochte gebouwen het aantal uren warmtevraag en de warmtevraag vermeld.

	Totaal aantal uren warmtevraag	Warmtevraag (GJ)
Onderwijsgebouw	1143	181
Kantoor	2618	324
Bijeenkomstgebouw	4694	328
Sportgebouw	3783	444
Zwembad	8760	5450
Gezondheidsgebouw	4379	187

Tabel 87: *Overzicht warmtevraag en aantal uren warmtevraag van de gebouwen in de referentiesituatie*

In de onderstaande tabel worden voor de referentiesituatie de gegevens van de belastingduurkrommes nog eens vermeld.

	<10	10 tot 20	20 tot 30	30 tot 40	40 tot 50	50 tot 60	60 tot 70	70 tot 80	80 tot 90	90 tot 100	100
School	104	152	171	212	186	127	84	46	36	24	1
Kantoor	1561	447	281	165	83	31	25	12	9	3	1
Bijeenkomstgebouw	1934	1069	780	305	273	176	107	39	7	3	1
Sportgebouw	2046	599	149	230	245	232	169	82	26	4	1
Zwembad	8	1050	1851	1302	1708	1092	1156	489	93	10	1
Gezondheidsgebouw	1500	1248	710	409	189	139	85	62	27	9	1

Tabel 88: *Aantal uren warmtevraag naar percentages maximaal vermogen*

De afwijkende vorm van de kromme van het onderzochte zwembad kan verklaard worden door hoge warmtevraag door hoge binnentemperaturen en warmte nodig om verdampingswarmte bij te suppleren alsmede lange openingstijden.

Het verloop van de kromme van het onderwijsgebouw wordt sterk bepaald door de gebruikstijden

(van 9.00 – 16.00 en de vakanties)

Koudevraag

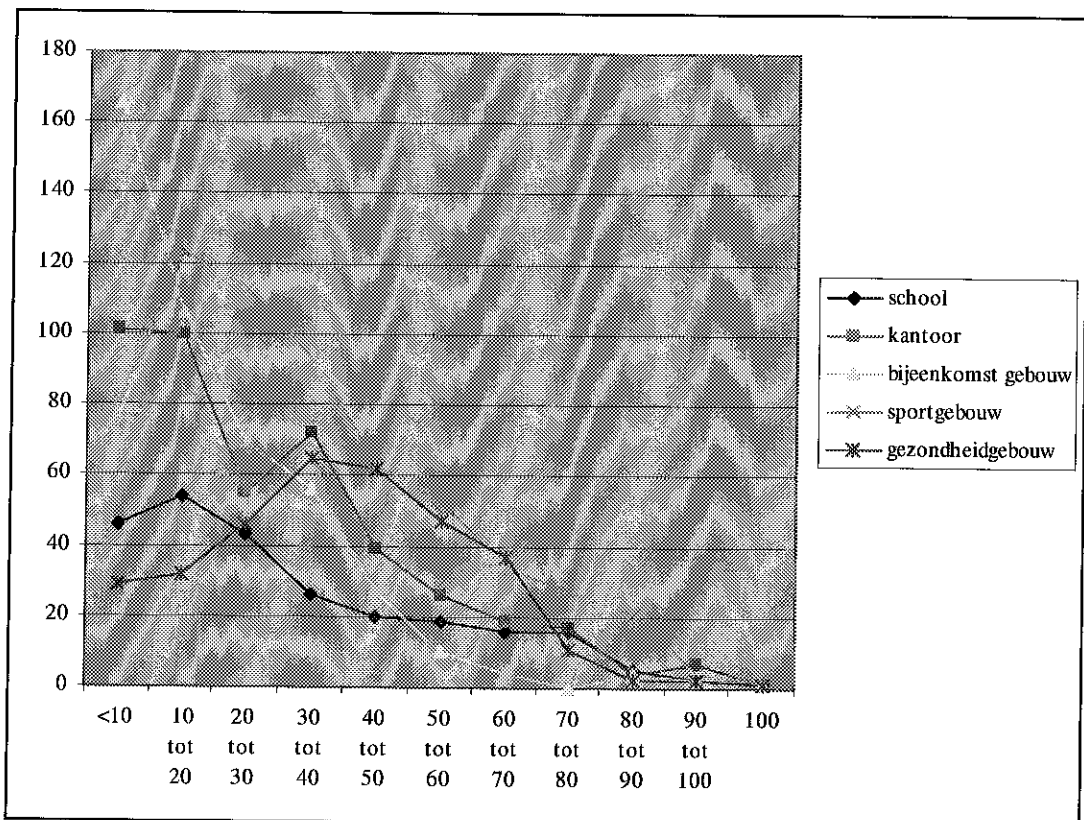
	Totaal aantal uren koudevraag	Koudevraag (GJ)
Onderwijsgebouw	248	6
Kantoor	441	39
Bijeenkomstgebouw	445	10
Sportgebouw	613	22
Gezondheidsgebouw	334	2,4

Tabel 89 : Koudevraag en aantal uren koudevraag gebouwen in de referentiesituatie

	<10	10tot 20	20tot 30	30tot 40	40tot 50	50tot 60	60tot 70	70tot 80	80 tot 90	90 tot 100	100
School	46	54	43	26	20	19	16	16	5	2	1
Kantoor	101	100	55	72	39	26	19	17	4	7	1
Bijeenkomst gebouw	166	106	69	56	27	10	4	0	4	2	1
Sportgebouw	81	123	113	93	63	53	34	27	21	4	1
Gezondheid Gebouw	29	32	46	65	62	47	37	11	2	2	1

Tabel 90: Aantal uren warmtevraag naar percentages maximaal vermogen

In de onderstaande figuur zijn de krommes voor de referentiesituatie bij elkaar gezet



Figuur 117: Overzicht aantal uren warmtevraag per percentagegroep van het maximaal vermogen in de referentiesituatie

Effect van vraag beperkende maatregelen Warmtevraag

Invloed massa

De onderzochte gebouwen kenmerken zich door een zware gebouwmassa.

Het effect van een zwaardere massa is dat de warmtevraag toeneemt omdat een deel van de warmte gebruikt zal worden om de gebouwmassa op te warmen.

Hoe zwaarder het gebouw hoe meer warmte gevraagd wordt. Een deel van deze warmte wordt in de massa opgeslagen en komt nadat de verwarming is uitgeschakeld langzaam weer vrij. Er treedt een verschuiving op in het gevraagde verwarmingsvermogen. Als het gebouw een lichte constructie heeft zal weinig warmte nodig zijn om deze massa op te warmen. Resultaat is een lagere warmtevraag. Het aantal uren bij lichte constructies met een warmtevraag neemt bij de verschillende gebouwen toe: dat betekent dat er meer uren zijn met een warmtevraag met een klein vermogen.

Invloed warmteterugwinning

In de onderstaande tabel een overzicht van de uren warmtevraag en het percentage maximaal vermogen.

School		<10	10 tot 20	20 tot 30	30 tot 40	40 tot 50	50 tot 60	60 tot 70	70 tot 80	80 tot 90	90 tot 100	100
	geen WTW	104	152	171	212	186	127	84	46	36	24	1
	60% wtw	174	221	279	196	116	63	32	15	9	8	1
	90% wtw	249	314	252	122	66	33	14	7	3	4	2
Kantoor												
	60% wtw	1561	447	281	165	83	31	25	12	9	3	1
	90% wtw	1620	424	257	126	61	28	21	12	9	3	1
Bijeenkomst gebouw												
	90% wtw	1730	748	895	601	257	93	65	24	7	2	1
	60% wtw	1404	898	931	457	200	106	70	28	6	2	1
	geen wtw	1934	1069	780	305	273	176	107	39	7	3	1
Sportgebouw												
	90% wtw	1525	796	292	239	253	225	164	75	51	6	1
	60% wtw	1653	730	210	226	250	242	162	83	46	3	1
	geen wtw	2046	599	149	230	245	232	169	82	26	4	1
Zwembad												
	90% wtw	10	1148	1904	1649	1262	1129	1104	457	87	9	1
	70% wtw	8	1050	1851	1302	1708	1092	1156	489	93	10	1
Gezondheidsgebouw												
	90% wtw	1502	1317	573	257	184	126	75	61	33	12	1
	60% wtw	1410	1342	567	282	187	134	87	54	29	12	1
	geen wtw	1500	1248	710	409	189	139	85	62	27	9	1

Tabel 91: Overzicht van de uren warmtevraag en het percentage maximaal vermogen.

De algemene tendens is dat bij 90% wtw het aantal uren met een hoger gevraagd vermogen afnemen t.o.v de situatie als geen wtw wordt toegepast. De installatie draait bij 90% wtw dus vaker met kleinere vermogens

Invloed vergrote isolatie

In onderstaande tabel zijn warmtevraag en het aantal uren nog eens weergegeven

	Warmtevraag	Tijd
Schoolgebouw		
Rc=2,5	181	1143
Rc=3,5	177	1140
Rc=4,5	173	1135
Kantoorgebouw		
Rc=3,5	324	2618
Rc=4,5	281	2442
Bijeenkomst Gebouw		
Rc=2,5	328	4694
Rc=3,5	307	4640
Rc=4,5	287	4590
Sportgebouw		
Rc=2,5	444	3783
Rc=3,5	407	407
Rc=4,5	352	352
Zwembad		
Rc=2,5	5450	8760
Rc=4,5	5046	8760
Gezondheidszorg Gebouw		
Rc=2,5	187	4379
Rc=3,5	161	4046
Rc=4,5	145	3858

Tabel 92: Warmtevraag en uren warmtevraag bij toepassing extra isolatie in de referentiesituatie

School		<10	10 tot 20	20 tot 30	30 tot 40	40 tot 50	50 tot 60	60 tot 70	70 tot 80	80 tot 90	90 tot 100	100
	Rc=2,5	46	54	43	26	20	19	16	16	5	2	1
	Rc=3,5	33	62	38	30	14	17	18	11	7	1	1
	Rc=4,5	26	65	42	33	12	20	18	10	8	1	1
Kantoor												
	Rc=3,5	1561	447	281	165	83	31	25	12	9	3	1
	Rc=4,5	1479	424	265	140	65	28	20	10	7	3	1
Bijeenkomst gebouw												
	Rc=2,5	1934	1069	780	305	273	176	107	39	7	3	1
	Rc=3,5	1948	1074	727	305	261	172	103	40	6	3	1
	Rc=4,5	1959	1106	665	285	264	171	90	41	6	2	1
Sportgebouw												
	Rc=2,5	2046	599	149	230	245	232	169	82	26	4	1
	Rc=3,5	2028	456	135	241	232	237	149	79	25	4	1
	Rc=4,5	1861	307	154	233	237	203	126	75	25	3	1
Zwembad												
	Rc=2,5	8	1050	1851	1302	1708	1092	1156	489	93	10	1
	Rc=4,5	23	1439	1446	1277	1759	1093	1145	483	85	9	1
Gezondheidsgebouw												
	Rc=2,5	1500	1248	710	409	189	139	85	62	27	9	1
	Rc=3,5	1398	1300	610	300	145	116	87	57	22	10	1
	Rc=4,5	1395	1271	540	246	132	112	75	56	20	10	1

Tabel 93 : Uren warmtevraag per percentage maximaal vermogen bij toepassen extra isolatie

Invloed interne warmte

In de onderstaande tabel worden de waarden weergegeven.

	Warmtevraag	Tijd
Schoolgebouw		
Lage IW	181	1143
Hoge IW	162	1138
Kantoorgebouw		
Lage IW	324	2618
Midden IW	299	2544
Hoge IW	264	2449
Bijeenkomst Gebouw		
Lage IW	328	4694
Midden IW	313	4599
Hoge IW	293	4458
Sportgebouw		
Lage IW	444	3783
Midden IW	379	3729
Hoge IW	326	3657
Zwembad		
Lage IW	5450	8760
Hoge IW	4732	8760
Gezondheidszorg Gebouw		
Midden IW	187	4379
Hoge IW	159	4085

Tabel 94: Warmtevraag en uren warmtevraag bij verschillende interne warmtebelastingen in de referentiesituatie

School		<10	10 tot 20	20 tot 30	30 tot 40	40 tot 50	50 tot 60	60 tot 70	70 tot 80	80 tot 90	90 tot 100	100
	IWreferentie	95	142	157	216	187	141	89	53	35	28	1
	IWhoog	116	166	188	209	183	108	75	38	34	20	1
Kantoor												
	IWreferentie	1561	447	281	165	83	31	25	12	9	3	1
	IWmiddel	1555	421	263	153	73	29	26	13	7	3	1
	IWhoog	1555	390	228	143	60	30	18	13	8	3	1
Bijeenkomst gebouw												
	IWreferentie	1934	1069	780	305	273	176	107	39	7	3	1
	IWmiddel	1910	1058	740	311	259	169	98	44	5	4	1
	IWhoog	1880	1038	684	306	243	158	95	44	5	4	1
sportgebouw												
	IWreferentie	2046	599	149	230	245	232	169	82	26	4	1
	IWmiddel	1995	655	198	234	230	200	121	69	22	4	1
	IWhoog	1942	695	267	201	212	163	101	54	18	3	1
zwembad												
	IWreferentie	8	1050	1851	1302	1708	1092	1156	489	93	10	1
	IWhoog	14	815	2200	1854	1327	1333	857	287	63	9	1
gezondheidsgebouw												
	IWhoog	1494	1303	542	255	182	126	77	58	34	13	1
	IWreferentie (=middel)	1500	1248	710	409	189	139	85	62	27	9	1

Tabel 95: Uren warmtevraag naar percentage maximaal vermogen bij toepassen verschillende interne warmtelasten

Bij de meeste gebouwen leidt een verhoging van de interne warmtelasten tot een hogere benuttingsgraad van de installatie tot ongeveer 50%, daarna wordt de benuttingsgraad van de installatie lager dan bij lage interne warmtelasten.

Koudevraag

Invloed verandering massa

	Koudevraag	Tijd
Schoolgebouw		
Lage massa	7,9	264
Middel massa	7,0	246
Hoge massa	6,0	248
Kantoorgebouw		
Lage massa	47,3	486
Middel massa	43,1	450
Hoge massa	39,1	441
Bijeenkomst Gebouw		
Lage massa	14,5	577
Middel massa	12,5	532
Hoge massa	10,3	445
Sportgebouw		
Lage massa	27,3	724
Middel massa	21,6	613
Gezondheidszorg Gebouw		
Lage massa	4,4	561
Middel massa	3,3	436
Hoge massa	2,4	334

Tabel 96: Invloed massa op koudevraag in de referentiesituatie

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat voor alle bouwtypen de vergroting van de massa invloed heeft op de koelvraag en het aantal uren dat koeling wordt gevraagd: een grotere bouwmassa reduceert het aantal koeluren en de totale koelvraag.

	<10	10 tot 20	20 tot 30	30 tot 40	40 tot 50	50 tot 60	60 tot 70	70 tot 80	80 tot 90	90 tot 100	100
School	46	54	43	26	20	19	16	16	5	2	1
Kantoor	101	100	55	72	39	26	19	17	4	7	1
Bijeenkomst gebouw	166	106	69	56	27	10	4	0	4	2	1
Sportgebouw	81	123	113	93	63	53	34	27	21	4	1
Gezondheidsgebouw	29	32	46	65	62	47	37	11	2	2	1

Tabel 97 : Uren koudevraag naar percentage maximaal vermogen bij toepassen verschillende interne warmtelasten

Invloed mate van isolatie

	Koudevraag	Tijd
Schoolgebouw		
Rc=2,5	6,0	232
Rc=3,5	6,6	236
Rc=4,5	7,1	248
Kantoorgebouw		
Rc=3,5	39,1	441
Rc=4,5	47,7	516
Bijeenkomst Gebouw		
Rc=2,5	10,3	445
Rc=3,5	11,1	488
Rc=4,5	11,4	519
Sportgebouw		
Rc=2,5	21,6	613
Rc=3,5	23,0	655
Rc=4,5	25,7	718
Gezondheidszorg Gebouw		
Rc=2,5	2,4	334
Rc=3,5	4,6	582
Rc=4,5	6,7	855

Tabel 98 : *Invloed extra isolatie op koudevraag in de referentiesituatie*

	<1 0	10 tot 20	20 tot 30	30 tot 40	40 tot 50	50 tot 60	60 tot 70	70 tot 80	80 tot 90	90 tot 100	100
School	104	152	171	212	186	127	84	46	36	24	1
Kantoor											
Bijeenkomst gebouw	166	106	69	56	27	10	4	0	4	2	1
Sportgebouw	81	123	113	93	63	53	34	27	21	4	1
Gezondheidszorg gebouw	29	32	46	65	62	47	37	11	2	2	1

Tabel 99 : *Uren koudevraag naar percentage maximaal vermogen bij toepassen verschillende interne warmtelasten*

Invloed interne warmtelasten

	Koudevraag	Tijd
Schoolgebouw		
Lage IW	6,0	221
Hoge IW	7,1	257
Kantoorgebouw		
Lage IW	39,1	441
Midden IW	50,1	509
Hoge IW	69	628
Bijeenkomst Gebouw		
Lage IW	10,3	445
Midden IW	12,2	498
Hoge IW	15,5	554
Sportgebouw		
Lage IW	21,6	613
Midden IW	25,5	705
Hoge IW	29,3	778
Gezondheidszorg Gebouw		
Lage IW	2,1	334
Midden IW	2,4	302
Hoge IW	3,1	403

Tabel 100: *Invloed interne warmtelasten op koudevraag en uren koudevraag*

	<10	10 tot 20	20 tot 30	30 tot 40	40 tot 50	50 tot 60	60 tot 70	70 tot 80	80 tot 90	90 tot 100
School	41	47	38	22	20	17	14	15	4	2
Kantoor	101	100	55	72	39	26	19	17	4	7
Bijeenkomst gebouw	166	106	69	56	27	10	4	0	4	2
Sportgebouw	81	123	113	93	63	53	34	27	21	4
Gezondheidsgebouw	30	32	31	55	47	43	43	15	3	2

Tabel 101: *Uren koudevraag naar percentage maximaal vermogen bij toepassen verschillende interne warmtelasten*

Lage interne warmtelasten leiden tot een lagere koudevraag en minder aantal uren koudevraag. Worden de interne warmtelasten vergroot dan leidt dit niet alleen tot een hogere koude vraag en aantal uren koude vraag ook de benuttingsgraad kan de installatie wordt over de hele linie hoger: de installatie staat langer op een hoger vermogen bij.

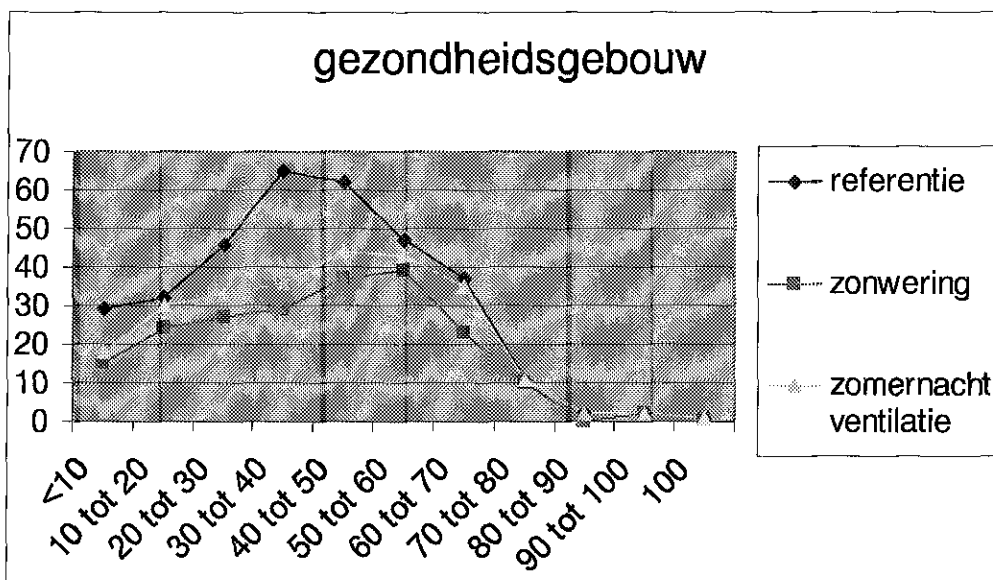
Invloed zomernachtventilatie en actieve zonwering

	Koudevraag	Uren
Schoolgebouw		
Referentie	6,0	232
Zonwering	5,8	226
Zomernacht	3,2	166
Kantoorgebouw		
Zonwering	39,1	441
Zomernacht	15,9	173
Bijeenkomst Gebouw		
Referentie	10,3	445
Zonwering	7,7	380
Zomernacht	5,9	246
Sportgebouw		
Referentie	21,6	613
Zonwering	15,8	548
Zomernacht	19	556
Gezondheidszorg Gebouw		
Referentie	2,4	334
Zonwering	1,5	207
Zomernacht	1,9	255

Tabel 102: Invloed zonwering en zomernachtventilatie op koudevraag referentiesituatie

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat alleen bij het sportgebouw en het gezondheidsgebouw zonwering beter werkt dan zomernachtventilatie; bij alle andere gebouwen leidt zomernachtventilatie tot een vermindering van het aantal koelvraaguren en tot een lagere koelvraag.

In de onderstaande figuur wordt dit nogeens geïllustreerd.



Figuur 118: Verloop koudevraag bij toepassing zonwering/zomernachtventilatie in de referentiesituatie

Als oorzaak hiervoor kunnen de langere gebruikstijden worden worden aangemerkt. De openingstijden voor beide gebruiken eindigen om 23.00 uur 's avonds: de zomernachtventilatie heeft een kortere tijd tot zijn beschikking om de massa af te koelen.

	<10	10 tot 20	20 tot 30	30 tot 40	40 tot 50	50 tot 60	60 tot 70	70 tot 80	80 tot 90	90 tot 100	100
School	46	54	43	26	20	19	16	16	5	2	1
Kantoor	101	100	55	72	39	26	19	17	4	7	1
Bijeenkomst gebouw	166	106	69	56	27	10	4	0	4	2	1
Sportgebouw	81	123	113	93	63	53	34	27	21	4	1
Gezondheidsgebouw	29	32	46	65	62	47	37	11	2	2	1

Tabel 103: Uren koudevraag naar percentage maximaal vermogen bij toepassen zonwering/zomernachtventilatie

Jaarbelastingsduurkrommen en warmtepomp systemen.

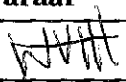


Een grondige analyse van de manier waarop de jaarbelastingsduurkrommen gebruikt kunnen worden voor het vaststellen van de optimale warmtepomp systeemconfiguratie valt buiten het kader van de opdracht. Toch geven de resultaten van deze studie aanleiding tot enkele kwalitatieve beschouwingen.

Uit het geheel aan resultaten voor de verschillende gebouwtypen valt allereerst te concluderen dat een juiste keuze voor een verwarmingssysteem alleen kan plaatsvinden als het thermisch gedrag van het gebouw plus installaties zo goed mogelijk wordt gesimuleerd. Veel van de in deze studie doorgevoerde variaties leiden tot een niet geringe wijziging van de vorm van de jaarbelastingsduurkromme en het totale energieverbruik voor verwarming of koeling. Een optimale configuratie kan alleen dan gevonden worden als er een complete vergelijking wordt gemaakt van mogelijke uitvoeringsvormen, inclusief de hiermee gepaard gaande investeringskosten en variabele kosten.

Een tweede punt betreft de vorm van de berekende jaarbelastingsduurkromme voor verwarming van de verschillende gebouwtypen. Heel algemeen kan gesteld worden dat een jaarbelastingsduurkromme met een zo vlak mogelijk 'plateau' een warmtevraag representeert die het best tegemoet komt aan de karakteristieken van een warmtepompsysteem. Idealiter draait de warmtepomp gedurende een aaneengesloten periode op een zo laag mogelijk vermogen. Niet alleen passieve maatregelen, zoals bijvoorbeeld de gebouwmassa of het toepassen van zonwering of warmteterugwinning in de ventilatielucht, maar ook de regeling van het systeem kan een belangrijke rol spelen in het 'plat maken' van de jaarbelastingsduurkromme, zoals blijkt uit de berekende variant voor het kantoorgebouw waarbij geen nachtverlaging van de gewenste ruimtemperatuur is verondersteld. Een nader onderzoek naar het effect van warmtebuffering, mogelijk in combinatie met regelsystemen die anticiperend regelen - rekening houdend met de verwachte weersomstandigheden-, zou een groter toepassingsgebied voor warmtepompsystemen in de gebouwde omgeving aan de dag kunnen leggen.

6 LITERATUUR

- [1] NEN 2916: Energieprestatie van utiliteitsgebouwen versie 2.0.; Nederlands Normalisatie Instituut; 1996
- [2] TRNSYS; A transient simulation program; Solar Energy Laboratory; Univ. Of Wisconsin 1996
- [3] Warmtapwaterverbruik in de dienstensector, deelrapport I: Restaurants, Ecofys, 1990
- [4] Warmtapwaterverbruik in de dienstensector, deelrapport II: Hotels, Ecofys, 1990

Datum: september 1999		Rapportnr: ECN-C--99-067	
Titel	Warmte- en koudevraagpatronen in de utiliteitsbouw		
Auteur(s)	J.C. Römer, M.J.M. Jong		
Opdrachtgever(s)	Novem BV		
ECN projectnummer	3452029901		
Opdrachtnummer	n.v.t.		
Programma(s)	N.V.T.		
Samenvatting			
Zie blz. 5 en 6 van het rapport.			
Sleutelwoorden			
Autorisatie	Naam	Paraaf	Datum
Gecontroleerd	W.G.J. van Helden		10-11-'99
Goedgekeurd	W. Gilijamse		3-11-99
Geautoriseerd	H.J.M. Beurskens		11/11/99