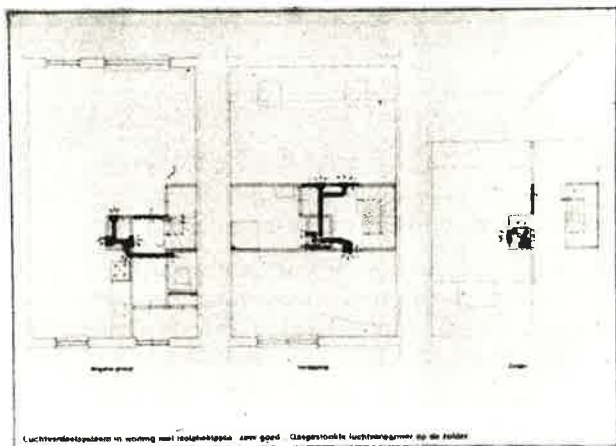


Het geïntegreerd ontwerpen bij luchtverwarming in woningen*

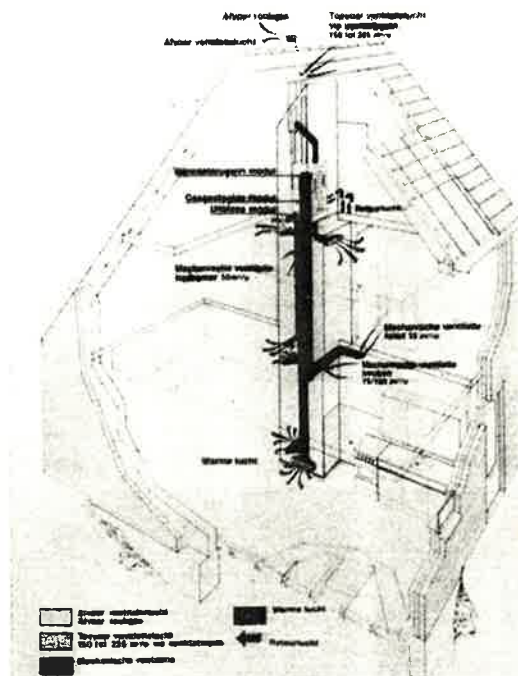
door Ir. W. Schuringa**

Luchtverwarming is terug na jarenlang bijna weggeweest te zijn. Echter, minder gunstige ervaringen in het verleden doen vele bouwkundige ontwerpers, opdrachtgevers en installateurs nog huiverig staan tegenover luchtverwarming. Belemmeringen voor een verdere ontwikkeling van goede toepassingen van deze geavanceerde vorm van verwarming en ventilatie behoeven er nu niet meer te zijn na het verschijnen van de door Ir. Wagenaar besproken eerste aanvulling op ISSO-publicatie 9 "Luchtverwarming in woningen" die moet worden gebruikt tezamen met ISSO-publicatie 9 zelf.

Wat we onder andere kunnen bereiken door toepassing van luchtverwarming wil ik illustreren aan de hand van de volgende 6 foto's. Ten gevolge van de in NEN 1087 geformuleerde ventilatie-eisen in woningen worden dit soort ventilatie-oplossingen toegepast. Deze beelden kunnen we waarnemen op onze wandelingen door stad of dorp.



Luchtverwarmingsplan in woning met isolatieglas, zeer goed. Gasgestookte luchtverwarmer op de zolder



* Lezing gehouden op het ACI-ISSO symposium van 7 februari 1986 tijdens de vakbeurs Installatie 86.
 ** Momenteel werkzaam bij Witteveen en Bos te Deventer.



Dat is beslist geen verfraaiing van onze woongebouwen. Bovendien zijn deze ventilatie-oplossingen kostbaar en energieverslindend. Het kan ook anders zoals te zien aan deze extreem energiezuinige woningen. Een potdichte uitvoering en geen ventilatieroosters in ramen of gevel nodig.



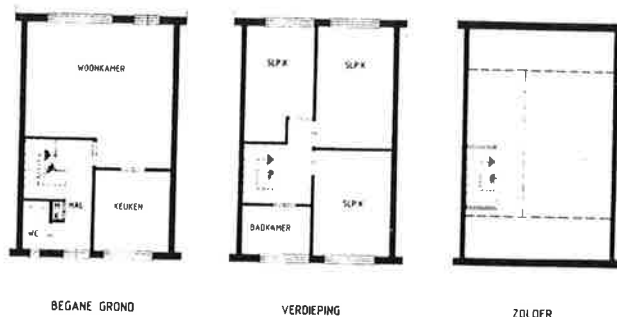
Dit kan omdat een zeer goede ventilatie in de woning wordt verkregen door een doelbewuste gebalanceerde ventilatie zodat alle vertrekken in de woning voortdurend worden voorzien van schone verse lucht. Aan de hand van een concept woningontwerp wil ik in het volgende komen tot een zodanige invulling van randvoorwaarden dat een woning ontstaat geheel voldoende aan de in genoemde publikatie gespecificeerde uitgangspunten, zodat centrale luchtinblaas verantwoord kan worden toegepast.

Het concept geïntegreerd ontwerpen betekent in feite niets anders dan dat alle ontwerpdisciplines, binnen het kader van het programma van eisen en de beschikbare budgetten, het onderste uit de kan trachten te halen van de mogelijkheden.

De plattegronden, de bouwfysische aspecten in het ontwerp, de installaties zijn zo op elkaar afgestemd dat met een minimum aan kosten een maximum aan resultaat wordt bereikt.

"Resultaat" in dit verband te zien als kwaliteit, leefbaarheid en de laagst mogelijke bewoningskosten.

Het woningontwerp dat ik als voorbeeld heb genomen is het volgende:



Afbeelding 1

Het is wat afmetingen betreft een gangbare ééngezinshoning, met een bruto inhoud van ca. 300 m³, zoals er honderdduizenden in Nederland zijn gerealiseerd.

Toetsing van I_t-waarde aan ISSO 9

De woning in ontwerp moet kwalitatief voldoen aan de gestelde randvoorwaarden voor luchtverwarming met centrale inblaas. De eerste toetsing is de I_t-waarde die door de contactgroep op een waarde van tenminste 12 is gesteld.

$$I_t = \frac{80 A_o/V (1-k) + 30}{4 A_o/V + 1}$$

A_o = buitenschil woning
V = volume woning

Konstrukties	Oppervlakten in m ²
Gevel	40,6
Dak	53,5
Vloer	44,9
Buitendeuren	4,2
Ramen	15,0
A _o = 158,2 m ²	

$$V = 308,4 \text{ m}^3$$

Afbeelding 2

Zoals bekend resulteren de in de "Model Bouw Verordening" gestelde regels in een I_t -waarde van 9 á 10 en dat is onvoldoende voor onze doelstelling.

In de voorbeeldwoning zijn met de aangegeven raampoppervlakken de I_t -waarden zoals op de volgende figuren is te zien.

I_t -waarde	Model bouw verordening		
Konstrukties	Oppervlakten in m ²	k	aAk
Gevel	40,6	0,7	28,4
Dak	53,5	0,7	37,5
Vloer (a=0,5)	44,9	0,65	14,6
Buitendeuren	4,2	2,5	10,5
Ramen	15,0	3,2	48,0
Ao = 158,2 m ²		ΣaAk = 139	
V = 308,4 m ³		$\bar{k} = \frac{\Sigma aAk}{Ao} = 0,88$	
$I_t = \frac{41(-0,88) + 30}{2,1 + 1} = 11,3$			
Indien ramen 20 m ² dan, $I_t \approx 10$ (isolatie 4 cm)			

Afbeelding 3

Door het nogal kleine raampoppervlak is de I_t -waarde voor de M.B.V. variant betrekkelijk hoog, echter onvoldoende voor luchtverwarming met centrale inblaas.

Echter met 8 cm isolatie van wanden, en 6 cm isolatie van dak en vloer is de I_t -waarde net voldoende hoog geworden.

Konstrukties	Oppervlakten in m ²	k	aAk
Gevel	40,6	0,4	16,3
Dak	53,5	0,5	26,8
Vloer (a=0,5)	44,9	0,4	18,0
Buitendeuren	4,2	2,3	9,7
Ramen	15,0	3,2	48,0
Ao = 158,2 m ²		ΣaAk = 118	
V = 308,4 m ³		$\bar{k} = \frac{\Sigma aAk}{Ao} = 0,75$	
$I_t = 13$ Centraal inblazen verantwoord			

Afbeelding 4

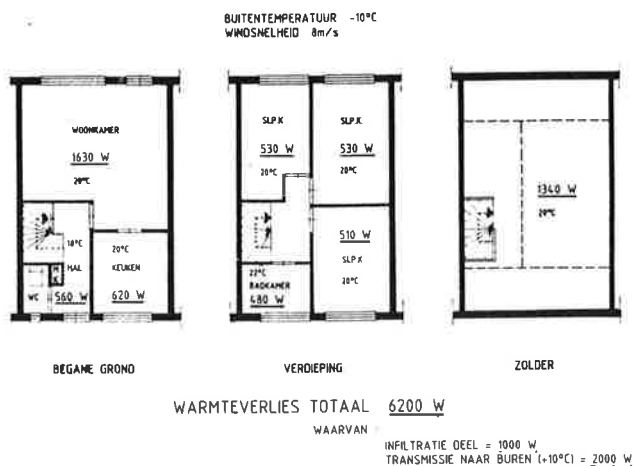
Warmteverliezen

De warmteverliezen van de woning door transmissie en infiltratie bedragen 6200 W.

Dit geldt bij een buitentemperatuur van -10°C en een windsnelheid van 8 m/s.

Het infiltratiedeel in dit cijfer is 1000 W.

WARMTEVERLIEZEN PER VERTREK ($I_t = 13$)



Afbeelding 5

Warmteverlies naar buurwoningen met een binnentemperatuur van +10°C is 2000 W.

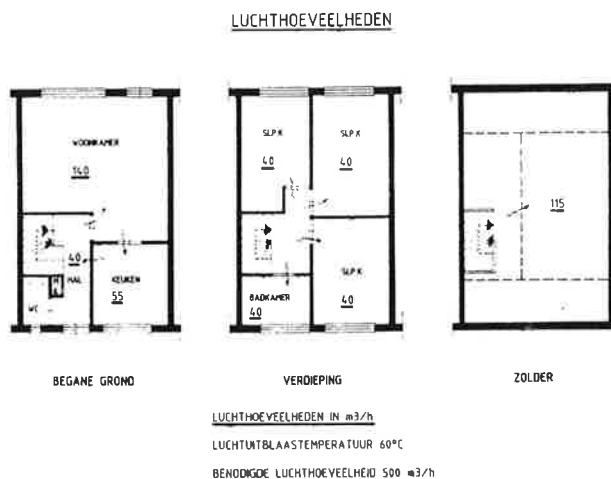
Luchthoeveelheden en verdeling hiervan over de kamers

De lucht is de warmtedrager bij een luchtverwarmingsinstallatie.

Daarom moet dus de luchthoeveelheid die nodig is om de woning te kunnen verwarmen in evenredigheid met de uit de warmteverliesberekeningen bepaalde warmtebehoefte per vertrek over die vertrekken worden verdeeld.

In ISSO 9 wordt een maximum inblaastemperatuur 60°C als wenselijk aangegeven.

Hieruit volgt voor onze voorbeeldwoning een totaal benodigde luchthoeveelheid van 500 m³/h die overeenkomstig de hoeveelheden te zien op afbeelding 6 over de vertrekken worden verdeeld.



Afbeelding 6

Aanwarmtoeslag

Na een nachtelijke afkoeling van de woning ten gevolge van nachtverlaging is een aanwarmperiode van 1 à 1,5 uur acceptabel.

Aanwarmen
 Aanwarmperiode - 1 à 1,5 uur
 Veel bouwmasa → traag aanwarmen
 Sterkere afkoeling → aanwarmperiode langer
 Door nachtverlaging woonkamer 3K afgekoeld dan aanwarmtoeslag 10 W/m² accumulerend oppervlak
 Met vloeroppervlak van 25 m² wordt het accumulerend oppervlak ca 100 m² dus aanwarmtoeslag 1000 W
 Woonkamer 5K afgekoeld dan aanwarmtoeslag 18 W/m² accumulerend oppervlak.

Afbeelding 7

De mate van afkoeling bepaalt de lengte van de aanwarmperiode en de extra te installeren aanwarmtoeslag de verwarmingscapaciteit van de luchtverwarmer.

Ook de bouwmasa bepaalt in hoge mate de aanwarmsnelheid en de afkoelsnelheid.

Een goed geïsoleerd en goed tocht-dichte woning zal gedurende de nachtverlaging meestal niet meer dan 3 K afkoelen.

Een aanwarmtoeslag van 10 W/m² accumulerend oppervlak is dan voldoende. Het accumulerend oppervlak in een woonkamer met een vloeroppervlak van 25 m² bedraagt circa 100 m². De aanwarmtoeslag is dan dus 1000 W. Met een nachtverlaging van 3 K is de gewenste opwarmtoeslag al 18 W/m².

In de nachtelijke verwarmingstoestand dient de warmteverdeling zo te zijn dat de vertrekken onderling de juiste temperatuurverhoudingen behouden.

Dus met een zonesysteem dient de volledige opwarmtoeslag te worden te verwarmen kamers te worden verdeeld.

Het snelst afgekoelde vertrek dat het snelst moet opwarmen. Dit vertrek is over het algemeen in verhouding tot het totaal van warmteverlies de kleinste toeslag ten gevolge van een $\frac{\text{accumulerend opp.}}{\text{warmteverliezend opp.}}$ verhouding.

	Opwarmtoeslag			
	accum. oppervlak in m ²	opwarmtoeslag indien 10 W/m ²	transmissie + infiltratie verlies	toeslag in %
Woonkamer	90	900	1.630	55
Keuken	35	350	620	56
Slaapkamer 1	45	450	530	85
Slaapkamer 2	45	450	530	85
Slaapkamer 3	40	400	510	78
Badkamer	25	250	480	52
Zolder	30	300	1.340	22
		3.100 W		

Afbeelding 8

Door nu de benodigde toeslag tijdens opwarmen centraal aan de lucht toe te voeren zal de woonkamer het snelst opwarmen terwijl de overige vertrekken wat zullen achterblijven in opwarmsnelheid. Over het algemeen zal dit niet bezwaarlijk zijn.

Opwarmtoeslag

Afhankelijk van verwarmingssysteem
 Toeslag te verdelen over "regelgroepen"
 In ons voorbeeld: eenzone systeem
 Opwarmtoeslag te leveren bv door optoeren ventilator tot 600 m³/h
 De inblaasttemperatuur wordt dan circa 70°C

Afbeelding 9

Bij meer zonesystemen met b.v. een aparte regeling van de woonverdieping en van de slaapverdieping kan de toeslag meer gelijkmatig over de zones worden verdeeld.

Bij toepassing van het meest geavanceerde systeem met een regeling per kamer kan de toepassing dus ook per kamer worden toebedeeld.

In ons voorbeeld is de benodigde toeslag 3100 W. Dit kan b.v. bij het éénzonesysteem tijdens het aanwarmen extra geleverd worden door de ventilator op te toeren bij gelijktijdige verhoging van de verwarmingscapaciteit. Na opwarmen gaat de installatie weer over op de nominale capaciteit.

Te installeren verwarmingscapaciteit

De te installeren verwarmingscapaciteit is de som van de warmteverliezen door transmissie en infiltratie, de warmte nodig om de vervangingslucht van buitentemperatuur naar woningstemperatuurniveau te brengen, en de aanwarmtoeslag.

In ons geval bedraagt de som van deze warmtebehoefte 11,3 kW, indien géén warmteterugwinning is toegepast. Met warmteterugwinning wordt de te installeren verwarmingscapaciteit kleiner in een mate die afhankelijk is van het rendement van het warmteterugwintestel.

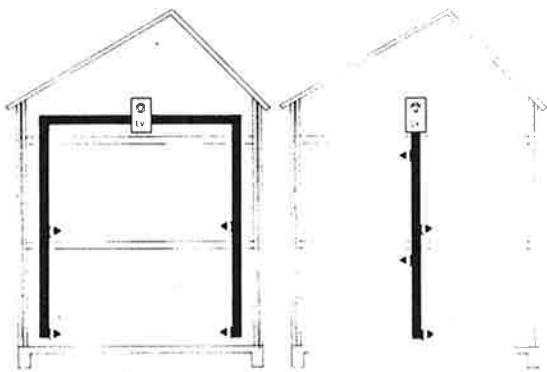
Te installeren verwarmingscapaciteit	
	Warmtebehoefte in W bij -10°C
Transmissie	= 5.200 W
Infiltratie	= 1.000 W
Toeslag aanwarmen	= 3.100 W
Ventilatielucht 150 m ³ /h	= 2.000 W
Te installeren	= 11.300 W

Met warmteterugwinning (rendement 70%) dan warmtebehoefte voor ventilatielucht slechts 600 W.
Te installeren met WTW = 9.900 W

Afbeelding 10

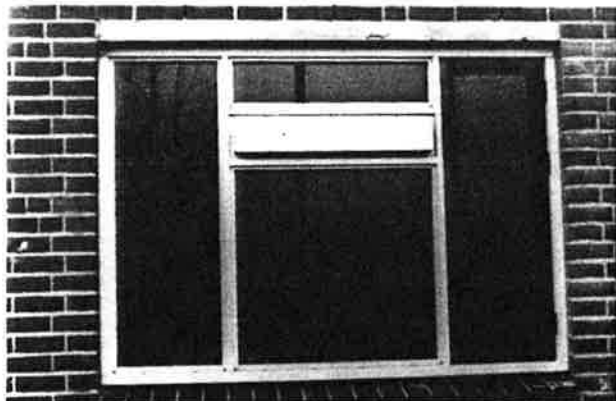
Plaatsing luchtverdeelroosters

Wij beogen een luchtverdeling zoals op figuur 11 weergegeven varianten de linkerwoning laat zien. Indien de warmteweerstand van de gevel voldoet aan de in ISSO 9 genoemde randvoorwaarden, te weten: warmteverlies 100 W per m² bij ontwerpcondities dan kan zonder bezwaar centraal worden ingeblazen.

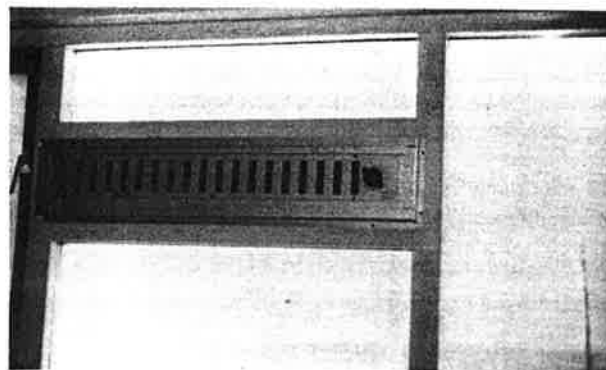


Figuur 11

Een centrale locatie van luchtverdeelkanalen en luchtverdeelafzuigkanalen met korte vertakkingen naar luchtverdeelroosters, zoals op de figuren 12 en 13 is te zien, is materiaal en dus prijstechnisch interessant.



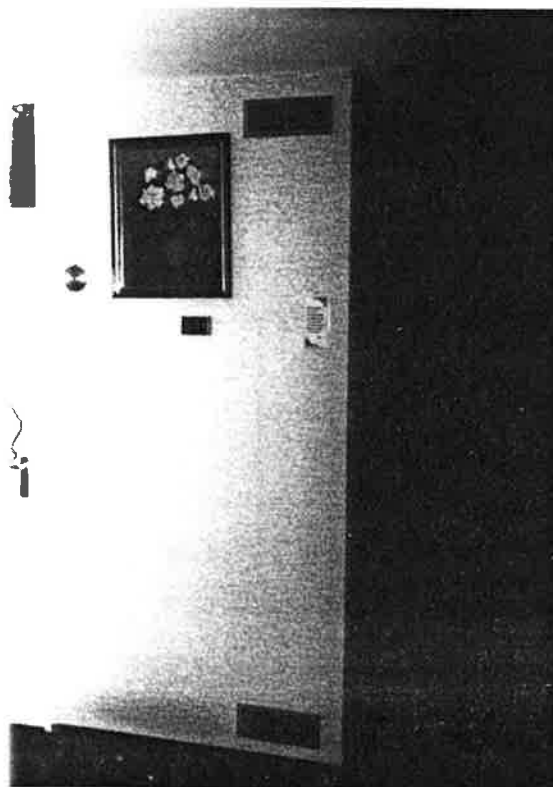
Figuur 12



Figuur 13

In de praktijk en uit proeven is gebleken dat zich indien alleen aan het plafond wordt ingeblazen, bij verwarmen een grote temperatuurstratificatie tussen vloer en plafond instelt. Dit geldt vooral voor de woonkamer in de onderste bouwlaag.

Door nu zowel laag als hoog in te blazen wordt deze temperatuurstratificatie zozeer beperkt dat dit acceptabel is.



De slaapverdieping, die gelegen is boven de woonverdieping waarin de temperatuur aan het plafond toch altijd enige graden hoger is dan de norminale vertrektemperatuur, voelt dit stratificatieprobleem niet of nauwelijks bij alleen hoog inblazen.

Feitelijk is dus de woonkamer bij aanwarmen en verwarmen het algemeen wordt dan ook alléén in de woonkamer laag en hoog ingeblazen, terwijl in de slaapkamers alleen hoog wordt ingeblazen.

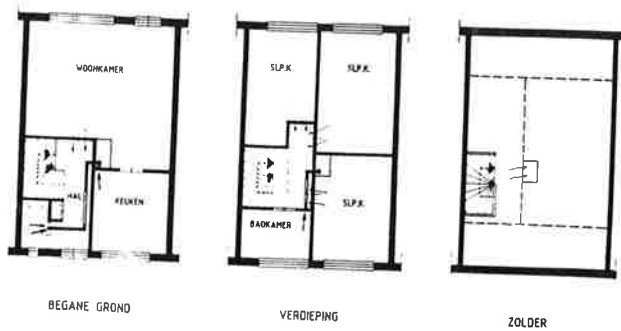
Retourlucht

Behalve de lucht die direct uit toilet, badkamer en keuken wordt afgezogen en al of niet na een warmteterugwinstoestel gepasseerd te zijn naar buiten wordt afgevoerd is er nog de retourlucht.

De retourlucht is nodig omdat de verse luchtbehoefte niet voldoende is om de benodigde warmte voor verwarming met zich mee te kunnen dragen.

De retourlucht wordt via het luchtverwarmingstoestel na opwarming tot b.v. 60°C weer in de woning gecirculeerd.

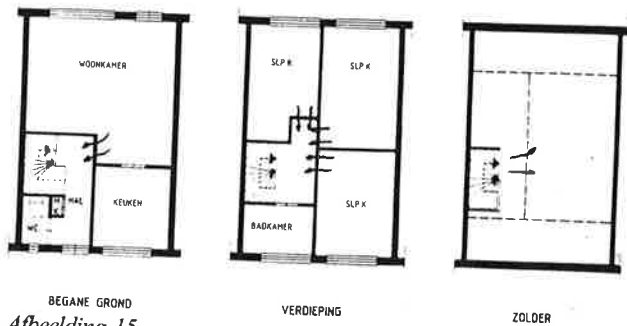
AFZUIGLUCHT EN RETOURLUCHT



AFZUIGLUCHT VIA AFZUIGROOSTERS EN KANAAL VANUIT KEUKEN, BADKAMER EN TOILET (175+50+25=150 m³/h)

RETOURLUCHT

VIA SPLEET ONDER DEUR 2m³/s EN/OF VIA LAAGGEPLAATST RETOURLROOSTER



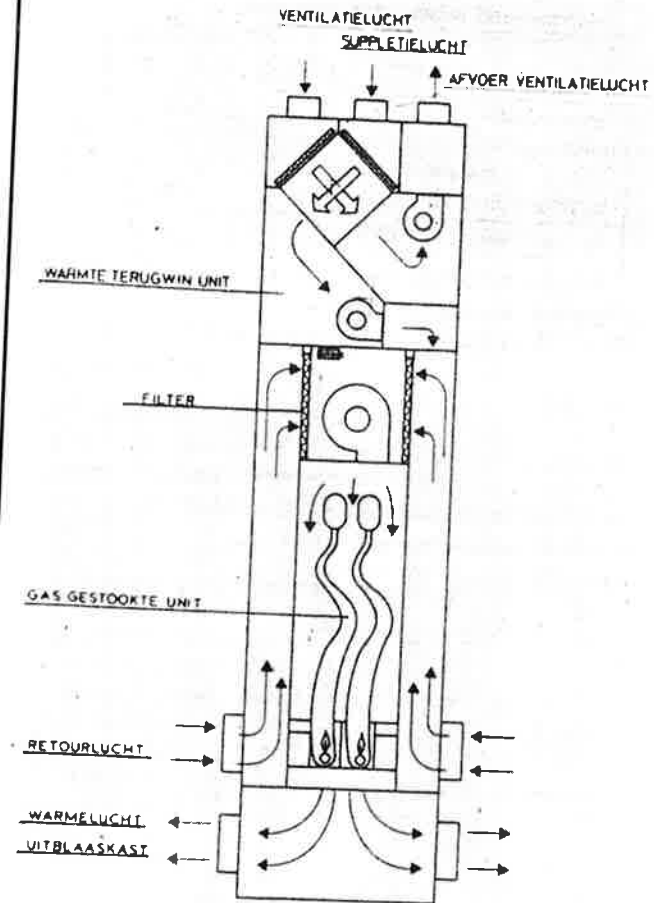
Afbeelding 15

Veelal wordt de retourlucht via spleten onder de deuren naar de hal en het trappenhuis afgezogen en door de luchtverwarmingsunit aangezogen en in recirculatie gebracht.

Met name voor de slaapkamers kan men ook denken aan afsluitbare retourluchtroosters zodat 's nachts met geopende ramen kan worden geslapen zonder dat de energiebalans van de hele woning wordt verstoord.

Locatie luchtverwarmingsapparaat

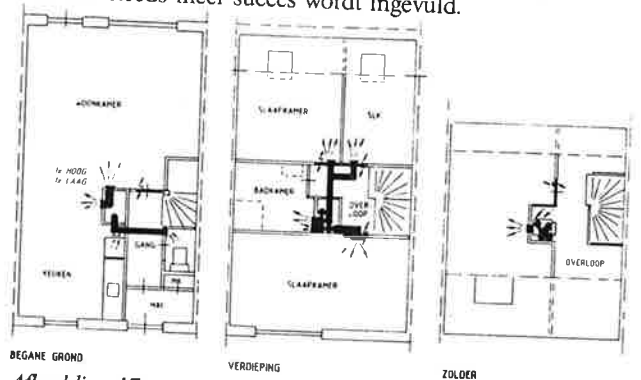
Er zijn verschillende systemen op de markt. De belangrijkste tot nu toe is met centrale recirculatie. Deze apparaten die met atmosferische branders zijn uitgevoerd, dienen in overeenstemming met de aanbevelingen



in ISSO 9 in een gesloten opstellingsruimte te worden geïnstalleerd. Deze ruimte wordt, in overeenstemming met NEN 1078, "Voorschriften voor aardgasinstallaties", natuurlijk geventileerd. Bij een opstelling b.v. op zolder dient de gehele ruimte rondom de luchtverwarmingsunit volgens de voorschriften geformuleerd in NEN 1078 op natuurlijke wijze te worden geventileerd.

Dit gaat ten koste van de energiebalans van de woning. Deze aantasting van de energiebalans wordt dus te meer voelbaar naarmate de woning beter geïsoleerd is.

Door de ontwikkelingen naar energiezuinige woningen is er een andere marktbehoefte ontstaan, die door fabrikanten met steeds meer succes wordt ingevuld.



Afbeelding 17

Door een gesloten verbrandingssysteem behoeven deze units niet in een op natuurlijke wijze geventileerde ruimte te worden opgesteld.

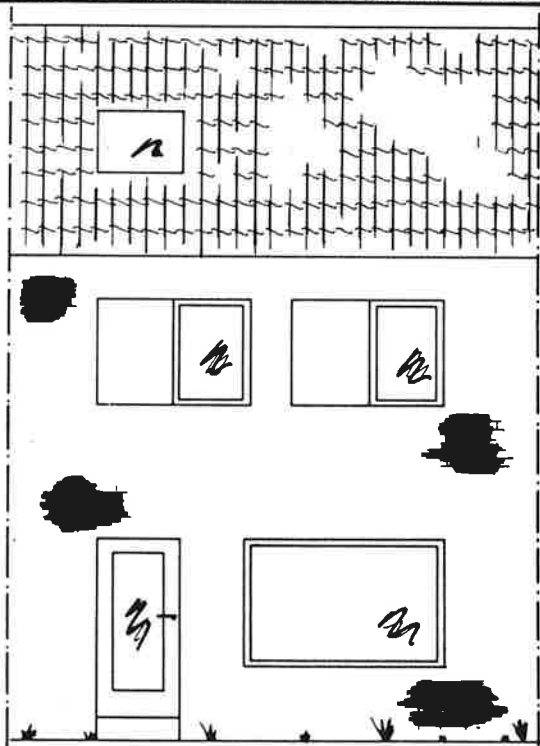
Een aparte opstellingsruimte wordt dan ook alleen nodig indien de geluidafstraling van dit apparaat binderlijk zou worden voor zijn omgeving.

Gevelisolatiekwaliteit en raamgrootte

Eerder is reeds gememoreerd dat voor centraal inblazen aan de isolatiekwaliteit van de gevel hoge eisen worden gesteld. Onder ontwerpcondities mag het warmteverlies niet groter zijn dan 100 W per strekkende meter gevel.

Als randvoorwaarde werd tevens in ISSO 9 opgenomen dat met de gewone thermopane beglazing de raamhoogte niet meer mag bedragen dan 1,5 m.

INVLOED WARMTEWEERSTAND RAAM



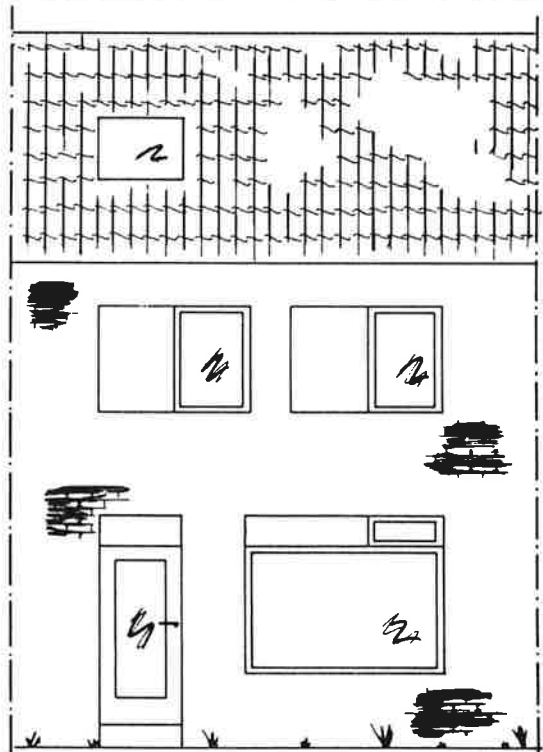
THERMOPANE BEGLAZING

WARMTETRANSMISSIECOEFFICIENT $K=3,2W/m^2K$

Afbeelding 18

Met extra isolerend glas met een k-waarde = 2,2 W/(m² · K) mag deze raamhoogte 1,8 m bedragen.

INVLOED WARMTEWEERSTAND RAAM



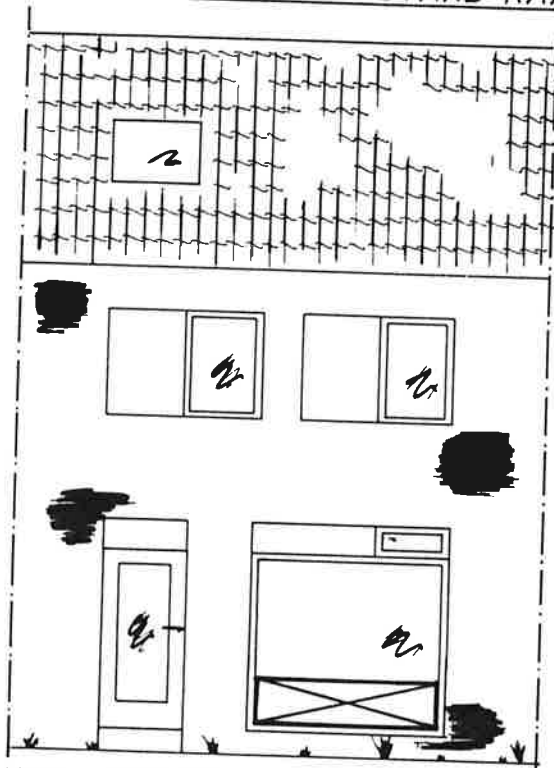
EXTRA ISOLERENDE BEGLAZING

WARMTETRANSMISSIECOEFFICIENT $K=2,2W/m^2K$

Afbeelding 19

Met hoog isolerend glas met een $k = 1,4 W/(m^2 \cdot K)$ is de raamhoogte feitelijk beperkt door de nominale verdiepingshoogte.

INVLOED WARMTEWEERSTAND RAAM



HOOG ISOLERENDE BEGLAZING
WARMTE TRANSMISSIECOEFFICIENT $K=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

Afbeelding 20

Men dient zich overigens goed te realiseren dat naarmate het raamoppervlak groter wordt de warmtebelasting door de zon groter wordt.

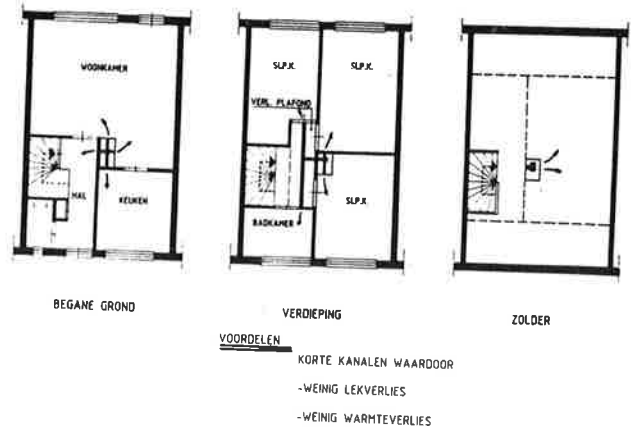
Uitbreidbaarheid woning

Uit de praktijk en uit recente proefnemingen is gebleken dat de afstand van inblaasrooster tot de warmteverliezende gevel en zelfs de inblaasrichting van het rooster tenauwernood invloed heeft op de verblijfskwaliteit in het vertrek. Wel moet de woning thermisch voldoen aan de eerder genoemde kwaliteitseisen.

Door een centrale luchtverdeling zijn er aan de gevel dus geen radiatoren geprojecteerd met aanvoer- en retourleidingen.

Willen we de kamer vergroten door de gevel verder naar buiten te verplaatsen dan kan dat zonder dat de verwarmingsinstallaties behoeven te worden gemodificeerd. Hoogstens moet de luchtverdeling enigszins worden nagesteld.

LUCHTVERDELING VANUIT CENTRUM



Afbeelding 21

Tenslotte

Luchtverwarming biedt zoveel voordelen dat in zeer goed geïsoleerde woningen (I_t 12 à 14) de luchtverwarming een steeds groter percentage van de te bouwen verwarmingssystemen voor zijn rekening zal nemen.

Voordelen luchtverwarming

- luchtdichte woninguitvoering zonder 'schimmelproblematiek'
- Geen 'dure' en 'lelijke' ventilatieroosters in gevel
- Mechanische ventilatie integraal in luchtverwarming
- Warmteterugwinning uit ventilatielucht gemakkelijk mogelijk
- Alle kamers voldoende frisse lucht

Voordelen luchtverwarming met centrale inblaas

- Luchtverdeling en uitblaasrichting onafhankelijk van gevel. Woning daardoor gemakkelijk uitbreidbaar.
- Mits gevel warmteverlies $< 100 \text{ W/m}^2$ dan mét extra isolerend glas óók grote ramen mogelijk.